

Joonas Saukkonen

Puurakenteisien rakennushankkeiden tietomallipohjainen suunnitteluprosessi Vertex BD ja Tekla Structures -ohjelmia hyödyntäen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

2.5.2014

<p>Tekijä Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Joonas Saukkonen Puurakenteisien rakennushankkeiden tietomallipohjainen suunnitteluprosessi Vertex BD ja Tekla Structures -ohjelmia hyödyntäen</p> <p>52 sivua 2.5.2014</p>
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Mervi Toivonen BIM Manager Antti Pekkala
<p>Tämä insinööritö tehtiin A-insinöörit Suunnittelu Oy:lle. Työhön osallistuivat haastattelupanoksellaan ohjelmistoyrityksien Tekla Oy:n ja Vertex Systems Oy:n yhteyshenkilöt. Työssä tutkittiin puurakennesuunnitteluprosessia painottaen projekteissa suunnittelun apuvälineenä käytettyä kahta tietomallinnusohjelmistoa; Tekla Structuresia ja Vertex BD:tä. Suunnitteluprosessia tutkittiin tilaajayrityksen strategian mukaisen lean-ajatuksen ja yleisten tietomallivaatimuksien pohjalta.</p> <p>Tutkittavat ohjelmistot ovat käytössä tilaajayrityksessä puurakenteisia hankkeita tietomallinnettaessa. Tietomallinnus on nykyaikana suunnittelun lähtökohta betonirakenteisissa rakenteissa, mutta puurakenteisissa hankkeissa tietomallinnus on aikaansa jäljessä verrattuna muihin rakennusmateriaaleihin. Tästä syystä oli tarve kartoittaa, mikä on tietomallinnuksen taso tilaajayrityksessä tällä hetkellä puurakenteisien hankkeiden suunnittelussa.</p> <p>Tietomallinnuksen ohjaukseen on olemassa kansallisia tietomallivaatimuksia, mitä tulisi noudattaa rakennusta mallinnettaessa. Vaatimuksissa on kuitenkin puutteita puurakentamisen osalta ja ne ovatkin suunnattu alun perin betonirakenteisiin runkoratkaisuihin. Tämä luo epäselvyyksiä tietomallin sisällöstä ja tarkkuuksista. Tietomallintaminen onkin puurakenteisissa rakennushankkeissa enemmän projektin osapuolen sopimus pohjaista, kuin yleisiin tietomallinnusvaatimuksiin perustuvaa. Työllä pyrittiin saamaan selkeyttä ja ohjeistusta tähän ongelmaan.</p> <p>Suunnitteluprosessi pitää nykypäivänä sisällään myös monia eri suunnittelualoja ja tiedonvaihto on suurta näiden osapuolten välillä hankkeen edetessä. Työssä pyrittiin selvittämään mikä on tiedonsiirron taso tutkittavien ohjelmien välillä tällä hetkellä yrityksessä ja onko tarvetta yrityksessä jatko kehittää tätä osa-aluetta.</p> <p>Tutkimuksessa selvisi tilaajayrityksessä puurakenteisissa projekteissa vallitseva tietomallinnuksen taso, ohjelmistojen käyttöaste historiassa erilaisissa hankkeissa sekä tämän hetkinen tiedonsiirtotaso ohjelmistojen välillä. Työntuloksena syntyi myös puurakennesuunnitteluprosessikuvaus yrityksen strategiaa mukaillen.</p>	
Avainsanat	Tietomallintaminen, BIM, puurakentaminen, rakennesuunnittelu, Tekla Structures, Vertex BD

Author Title Number of Pages Date	Joonas Saukkonen A timber-framed desing process baced on building information modeling by using Tekla Structures and Vertex BD softwares 52 pages 2 May 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructor(s)	Mervi Toivonen, Lecturer Antti Pekkala, BIM Manager
<p>This engineering research paper was commissioned by A-insinöörit Oy. Companies which co-operated in the making of this research were software companies Tekla Oy and Vertex Systems Oy. The topic under investigation was wooden structure design process with the emphasis on building information modeling programs Tekla Structures and Vertex BD. Design process was investigated based on subscribing lean concept and general building information modeling requirements.</p> <p>The programs which were researched are utilized in company's wooden structure building information modeling projects. Building information modeling is the basis for designing concrete frame structures, whereas building information modeling in wooden frame structure designing projects is behind the times in comparison to other building materials. For this reason it was necessary to uncover the state of building information modeling in wooden structure design.</p> <p>Building information modeling has national standards, which are to be followed in building modeling. These standards are somewhat insufficient in wooden structure planning because they were originally composed as guidelines for concrete structure frame solutions. This creates obscurity of the contents and specificity of the information modeling. Building information modeling in wooden structures has therefore become partaker agreed rather than national standard based. This paper is aiming to create clarity and guidelines to the issue.</p> <p>Information modeling consists of various engineer fields, which co-operate and share a great amount of information throughout the process. The intention is to clarify the state of the data transfers between the two programs researched in this paper, and whether they are sufficient or in need of upgrading.</p> <p>The research explains the quality of the subscribing company's building information modeling, software procedures in past projects, as well as current information transfer rates between the two programs researched. As a result a process description of wooden structure design was generated whilst adapting to the corporation strategy.</p>	
Keywords	Building information modeling, BIM, wood construction, structural engineer, Tekla Structures, Vertex BD

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tilaajayrityksen taustaa	3
1.2	Opinnäytetyön taustaa	3
2	Tutkimuksen tavoite	4
2.1	Tutkimuskysymykset	4
2.2	Rajaus	5
2.3	Tutkimuksessa käytettävät menetelmät	5
3	Puurakentaminen Suomessa	6
3.1	Historia	6
3.2	Tällä hetkellä	6
3.3	Tulevaisuus	7
3.4	Valmiselementtirakentaminen	9
4	Rakennushanke ja tietomallintaminen	10
4.1	Rakennushankkeen vaiheet	11
4.2	Rakennushankkeen osapuolet	12
4.3	Tietomallin eri vaiheet	13
4.3.1	Tilamalli	13
4.3.2	Alustava rakennusosamalli	14
4.3.3	Rakennusosamalli	14
4.3.4	Tuoteosamalli	14
4.3.5	Toteumamalli	14
4.3.6	Ylläpitomalli	14
4.4	Tietomallintamisen tarkoitus	15
4.5	Tietomallintamisesta saatava hyöty	17
4.6	Tiedonsiirto	18
4.7	Yleiset ohjeistukset	20
4.7.1	YTV2012 - Yleiset tietomallivaatimukset	20
4.7.2	BEC2012 - Elementtisuunnittelun mallinnusohje	22
5	Tutkimuksessa käytettävät ohjelmistot	22
5.1	Tekla Oy	22

5.1.1	Historia	23
5.1.2	Tekla Structures	23
5.2	Vertex Systems Oy	25
5.2.1	Historia	26
5.2.2	Vertex BD -ohjelmisto	26
6	Lean-ajattelu projektin läpiviennissä	28
6.1	Lean-ajattelun perusajatus	28
6.2	Lean-ajattelu rakentamisessa	29
6.2.1	Allianssiurakka – yhteisurakka	30
6.2.2	Kokonaisurakka	31
7	Tietomallinnusprosessi eri suunnittelun vaiheissa	32
7.1	Tietomallinnusprosessi tällä hetkellä tilaaja yrityksessä	32
7.1.1	Ehdotussuunnittelu	33
7.1.2	Yleissuunnittelu	33
7.1.3	Hankintoja palveleva suunnittelu	34
7.1.4	Toteutussuunnittelu	34
7.2	Tietomallinnusprosessi YTV:n ja Lean Construction -ajatuksen pohjalta	36
7.2.1	Ehdotussuunnittelu	36
7.2.2	Yleissuunnittelu	37
7.2.3	Hankintoja palveleva suunnittelu	39
7.2.4	Toteutussuunnittelu	40
8	Haastattelut	42
8.1	Tekla Structures -ohjelmaa käyttävät	42
8.2	Vertex BD -ohjelmaa käyttävät	43
8.3	Ohjelmistoyritykset	43
8.4	Valmisosavalmistaja	43
9	Yhteenveto ja tutkimuksen tulokset	44
9.1	Tulokset	44
9.2	Kehitysehdotukset	46
	Lähteet	49

Lyhenteet

2D	Lyhenne englanninkielisistä sanoista <i>Two dimensional</i> . 2D-tiedoilla tarkoitetaan kaksiulotteista yleensä CAD-ohjelmilla käsiteltävää piirustusta, jotka koostuvat viivoista, kaarista, teksteistä ja mitoista. [18.]
3D	Lyhenne englanninkielisistä sanoista <i>Three dimensional</i> . Tällä tarkoitetaan asian, esineen tai rakennuksen esitystapaa kolmeulotteisessa koordinaatiossa. [18.]
4D	Lyhenne englanninkielisistä sanoista <i>Four dimensional</i> . Tällä tarkoitetaan esitystapaa, missä on visuaalisesti kolmeulotteisen esitysmallin lisäksi linkitetty aika-tiedot. [15.]
5D	Lyhenne englanninkielisistä sanoista <i>Five dimensional</i> . Kuin 4D-suunnittelu, mutta tietokantaan lisätään myös rakennusosien ja materiaalien hintatiedot.
Attribuutti	Attribuutit kuvaavat olioiden ominaisuuksia. [15.]
BIM	Lyhenne englanninkielisistä sanoista <i>Building information model</i> , joka tarkoittaa rakennuksen tietomallia.
CAD	Lyhenne englanninkielisistä sanoista <i>Computer-aided Design</i> . Tarkoittaa tietokoneavusteista suunnittelua, mikä mielletään nykyisin yleensä 2-ulotteiseksi, vaikka 3-ulotteisia sovelluksiaakin on olemassa.
CLT	Lyhenne englanninkielisistä sanoista <i>Cross-Laminated Timber</i> . Puulevy, joka tehdään liimaamalla 20mm-80mm paksuja lamellilevyjä päällekkäin. [19.]
Custom-komponentti	Tekla Structures -ohjelman komponentti, jonka voi itse ohjelmoida tekemään tarvittavan kokoonpanon malliin. Tämä helpottaa ja nopeuttaa mallintamista, jos oikeata komponenttia ei ole valmiina ohjelman komponentti kirjastossa.

GEO-suunnittelija	Lyhenne maa- ja pohjarakenteiden suunnittelijasta.
IFC	Lyhenne englanninkielisistä sanoista <i>Industry Foundation Classes</i> . Oliopohjainen kansainvälinen tiedonsiirtoformaatti tietokoneohjelmasta toiseen. Perustuu ISO/PAS 16739 -standardiin. (www.iso.org) [17.]
Inventointimalli	Tietomalli, missä on mallinnettu rakennuspaikalla olemassa olevat rakenteet. Nämä rakenteet on mallinnettu mittaustietojen ja vanhojen rakennuspiirustuksien pohjalta.
Komponentti	Ohjelmassa olevien objektien kokonaisuus, jota muodostaa valmiin rakennusosan tietomalliin sisältäen halutut attributit.
Malli	3D-muodossa oleva rakennuksen abstraktio, joka sisältää sen käyttötarkoituksen kannalta tärkeät ominaisuudet. [15.]
Natiivimalli	Tietomalli, joka on ohjelmiston informaation kirjoitusmuodossa, eli ohjelmiston alkuperäistiedostomuodossa.
Olio, objekti	Ohjelmassa oleva tietojen kooste, jota käsitellään yhtenä kokonaisuutena. Rakennusosat ovat olioita, joilla on yksilöllisiä ominaisuuksia. [15.]
Origo	Tietomallissa olevan koordinaatiston nollapiste.
TATE	Lyhenne sanasta talotekniikka. Tähän kuuluvat vesi-, ilmanvaihto-, sähkö- ja automaatiojärjestelmät.
Törmäystarkastelut	Eri suunnittelijoiden suunnitelmien yhteensovittamisessa käytettävä ohjelmassa oleva ominaisuus, jolla tarkastellaan suunnitelmissa olevien osien ja rakenteiden sopiminen niille varattuun tilaan ja niiden päällekkäisyydet. [18.]
YTV 2012	Lyhenne sanoista Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Nämä vaatimukset ovat Rakennustietosäätiön johtaman COBIM-

kehittämishankkeen tuotos, jolla pyritään ohjaamaan tietomallinnusta yhtenäisempään ja tehokkaampaan toimintatapaan kaikilla suunnittelun aloilla. [1. 2.]

1 Johdanto

Insinööritoimisto tehdään A-insinöörit Suunnittelu Oy:lle, joka on osa A-insinöörit Oy konsernia. A-insinöörit Oy on Suomesta käsin globaalisti toimiva ja kasvava rakennusalan suunnittelutoimisto. Yrityksen toimialat ovat infrasuunnittelu, rakennesuunnittelu ja rakennuttaminen. Tämän lisäksi yritys tarjoaa asiakkailleen korjaus- ja akustiikkasuunnittelua sekä tarkastustoimintaa.

A-insinöörit Oy:n tavoite on olla asiakkailleen haluttu yhteistyökumppani toimien ja kehittämisen toimintaansa soveltuvien arvojen ja strategian mukaisesti. Yritys pyrkii antamaan asiakkailleen parhaan mahdollisen tuloksen painottaen soveltuvia arvojaan, jotka ovat kestävä asiakas- ja henkilösuhteet, pyrkimys jatkuvaan toimintaan ja kehitykseen sekä ympäristöstään vastuun tunteminen. Tämä insinööritoimisto on osa yrityksen kehityshankkeita, joissa pyritään luomaan asiakkaalle yrityksen toiminnan seuraamisen ja kehittämisen kautta parempaa rakennesuunnittelupalvelua. Tämä tutkimus liittyy puurakennushankkeiden tietomallinnuksen kehittämiseen ja tämän hetkisen tason kartoitukseen.

Puu rakennusmateriaalina on nostamassa arvostustaan suuresti tällä hetkellä. Tästä johtuen puurakenteisia suunnitteluprojekteja tulee suunnittelutoimistoille suurenemassa määrin. Kohteet saattavat olla toimisto- halli- tai kerrostalokohteita. Nykyaikana yhä useampi tilaaja vaatii suunnitelmat 3D-formaatissa. Puuelementtitehtaat tarvitsevat elementtisuunnitelmat samassa formaatissa, joka heillä on käytössään työstökoneita ohjailevissa ohjelmissa. Tämän takia suunnittelutoimistot saattavat olla pakotettuja käyttämään suunnitteluun tiettyä ohjelmaa. Nämä haasteet vaativat suunnittelutoimistoilta suurta osaamista ja kokemusta puurakennesuunnittelussa. [6. 12. 11.]

Puuteollisuuden rakennemuutos ja suurten paperitehtaiden lakkauttaminen ympäri Suomea on aiheuttanut koko Suomessa paljon työttömyyttä ja pelkoa koko puuteollisuustuotantosektorin loppumisesta Suomessa. Osittain tästä syystä valtio on sitoutunut edistämään puurakentamista erityisesti ympäristö- ja työllistävistä syistä. Puu on rakennusmateriaalina ekologinen ja kestävä ratkaisu. Suuret puuteollisuuden yritykset ovatkin laajentaneet toimintaansa rohkeasti paperiteollisuudesta puun jalostamiseen rakennusmateriaaleiksi. [21. 6.]

Työ- ja elinkeinoministeriö laati vuonna 2011 valtakunnallisen puurakentamisohjelman, jonka tavoitteena oli kymmenenkertaistaa puukerrostalotuotanto Suomessa vuoteen 2015 mennessä. Tähän tavoitteeseen ollaan pääsemässä asetetun aikataulun puitteissa. Ohjelman nimissä valtio etsii jatkuvasti uusia puurakennuskohteita ja sen tavoitteena on pienentää rakentamisen hiilijalanjälkeä lisäämällä kotimaisen puun käyttöä rakentamisessa. Tämän ohjelman kriteerit täyttää esimerkiksi tällä hetkellä suunnitteilla oleva Guggenheim-museo, johon on tätä insinööriötä tehdessä arkkitehtikilpailutus käynnissä. [21. 7.]

Tietoliikenneteknologian tulo rakennussuunnitteluun on rakentamisen historiassa todella tuore asia. Tämä on tapahtunut hiukan tietoliikenneteknologian kehittymisen jälkeen. Rakennusosalalla on vallinnut ilmapiiri, missä tutut suoritusmenetelmät ovat olleet ainut oikea tai ainakin ensimmäinen vaihtoehto tarvittavan työn suorittamiseen. Näin ollen ei ole ollut tilaa uudelle kehitykselle eikä uusille ajatuksille rakennusosalalla. Tällä hetkellä kehitys on edennyt siihen pisteeseen, että rakennusala on ottamassa teknologian hurjaa kehityskulkua kiinni. Tämä on esiintynyt tietomallinnusprosesseissa suunnittelun apuvälineiden kehityksenä.

Tietomallinnus on yleistynyt eri suunnittelualoilla suuresti. Erinäisiä ohjelmistoja tähän tarkoitukseen on luotu monia ja monet niistä ovat päivittäisessä käytössä suunnittelu-toimistoissa. Useimmat tietomallinnusohjelmistot ovat suunniteltu ajatellen teräs- ja betonirakenteita. Puurakennesuunnittelu on jäänyt näiden kahden suuren rakennusmateriaalin jalkoihin tällä saralla. Tähän on lähihistoriassa kehitelty uusia ohjelmia, joihin lukeutuu myös tässä työssä tutkittava Vertex BD -ohjelmisto, joka on suunniteltu pelkästään teräs- ja puurakenteiden rakenteiden suunnittelun, mallinnuksen ja kuvien piirron apuvälineeksi.

Tietomallinnuksen yleistyttyä ohjelmien välillä on syntynyt tarve siirtää tietoa näiden välillä. Yleisesti eri suunnittelun aloilla ovat käytössä eri suunnitteluohjelmistot. Tähän näiden eri ohjelmistojen väliseen tiedonsiirtoon on kehitetty useita tiedonsiirtoformaatteja. Näistä yleisempänä IFC-formaatti, joka on käytössä molemmissa tutkimuksessa tutkittavissa ohjelmissa.

Tietomallinnuksen lisääntyttä syntyi tarve ohjeistuksille ja vaatimuksille, mitä tietomallin tulee sisältää missäkin vaiheessa suunnittelua. Tähän kysyntään vastasi Yleiset tietomallivaatimukset 2012 julkistuttuaan. Nämä sisältävät suunnittelualoittain vaati-

mukset tietomallin sisällölle. YTV 2012 on muuttanut suunnittelukäytäntöjä ja ohjannut tietomallipohjaista suunnitteluprosessia yhtenäisempään suuntaan pitäen silmällä rakennuksen koko elinkaaren. Tarkoituksenmukaista olisi, jos näihin vaatimuksiin viitattaisiin kansallisesti suunnittelusopimuksissa.

Suunnitteluprosessi on yrityksen kannalta hyödyllistä saada suoritettua mahdollisimman vähällä työmäärällä, päällekkäisillä työsuorituksilla ja työtunneilla. Tähän on yrityksessä pyritty hyödyntämällä lean-ajatusta suunnitteluprosessin läpiviennissä. Tämä tarkoittaa sitä, että suunnitteluprosessia pyritään pelkistämään ja selkeyttämään leanin tarjoamin opein. Tutkimuksessa pyritään tekemään prosessikuvaus suunnitteluprosessista, joka sisältää informaation yleisistä tietomallivaatimuksista ja lean-filosofiasta. Tietomallintamista pidetään lean-ajatuksen soveltamisena rakennusosalalle. Tietomallintamisprosessia voidaan kuitenkin jatkokehittää vielä myötäämään lean-ajatusta entistään.

1.1 Tilaajayrityksen taustaa

Yrityksen juuret johtavat vuoteen 1959, jolloin Insinööritoimisto Ahonen-Palenius perustettiin Tampereella. Palenius luopui yrityksestä 1963, jonka jälkeen vastuun yrityksestä otti diplomi-insinööri Reino Ilveskoski. Yrityksen nykyisen nimen kaksi ensimmäistä alkukirjaimet tulevat heidän sukunimiensä alkukirjaimista. Vuosien aikana yritys on kasvanut henkilöstöä lisäämällä ja yritysostojen myötä. Insinööriyttä tehtäessä yrityksessä on yli neljäsataa työntekijää ja toimipisteitä Tampereella, Turussa, Porissa sekä pääkaupunkiseudulla Espoossa. Yrityksen liikevaihto on ollut noususuhteinen ja vuonna 2012 se oli 36,5 miljoonaa euroa. Vuoteen 2011 verrattuna kasvua on 8,3 %. [41.]

1.2 Opinnäytetyön taustaa

Vertex BD -ohjelmistoa on A-insinööreillä käytetty vuodesta 2013. Koska ohjelma on yrityksen käytössä tuore, on syntynyt tarve tutkia ohjelman käyttöä tulevaisuudessa suunnittelun työkaluna. Ohjelman käyttöönotto tuli yrityksessä ajankohtaiseksi, koska eräs valmisosavalmistaja edellytti heille toimitettavat piirustukset ja tietomallin Vertex BD -muodossa. Työn alkuvaiheessa allekirjoittanut kävi tutustumassa valmiselementtejä valmistavaan Stora Enson Hartolassa sijaitsevaan tehtaaseen ja käynniltä selvisi,

että he saavat siirrettyä malliin tehdyistä elementtikuvista sekä itse elementeistä suoraan dataa elementtiä automaattisesti työstäville koneille, mitkä suorittavat tietomallista valittuun osaan työstöt automaattisesti elementin kantavan rungon osalta. Tehdasvierailusta ja haastattelusta selvisi syy, mikä takia elementtivalmistaja vaatii tilaajayrityksen rakennesuunnitelmat tietyssä formaatti-muodossa. [6. 19.]

Aikaisemmin puurakennesuunnittelun tietomallinteinen suunnittelu on toteutettu Tekla Structures -ohjelmaa käyttäen. Tällä ohjelmalla on luotu puuelementtikuvat tehtaalle ja tehtaalla elementit on luotu kuvista käsin työstämällä, eikä työstökoneille ole informaatiota mallista syötetty. Suunnittelutyö ja rakennekuvien teko ovat hankkeissa, missä ei tietomallia ole rakennuksesta vaadittu tilaajan toimesta, on suoritettu CAD-pohjaisilla 2D-suunnittelu- ja piirto-ohjelmilla. [6.]

2 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on laatia selvitys, miten puuelementtisuunnittelu on toteutettu aikaisemmin ohjelmistojen Tekla Structures ja Vertex BD:n välillä ja dokumentoida, miten se olisi järkevintä ohjelmistojen ja suunnittelurutiinien kannalta toteuttaa suunnitteluprojekteissa. Tästä suunnitteluprosessista tehdään prosessikuvaus, jossa on otettu huomioon, että suunnitteluprosessi täyttää Yleiset Tietomallivaatimukset 2012 sekä toteuttaa lean-filosofian tärkeimpiä ajatuksia rakennesuunnitteluprosessissa. Tavoitteena on tuoda esille ja dokumentoidaan miten Tekla Structures ja Vertex BD -ohjelmilla tai molempia ohjelmia hyväksikäyttäen puurakenneprojektit ovat A-insinööreillä toteutuneet suunnitteluprosessin kannalta historiassa. Kolmantena vaiheena työssä on selvittää, miten A-insinööreillä on hyödynnetty näiden kahden ohjelmiston välistä tiedonsiirtomahdollisuutta ja miten sitä kannattaisi tulevaisuudessa hyödyntää.

2.1 Tutkimuskysymykset

Tässä opinnäytetyössä ensimmäinen tutkimuskysymys on, miten puurakennesuunnittelun tietomallinnusprosessi toteutetaan A-insinööreillä, kun se tehdään Tekla Structures ja Vertex BD -ohjelmistoilla sekä miten ohjelmia on käytetty eri suunnittelun vaiheissa? Toinen tutkimuskysymys on, mikä on ollut käyttökokemus käytettäessä näitä kahta

ohjelmaa suunnittelussa samanaikaisesti? Kolmas tutkimuskysymys on, miten näiden ohjelmistojen välillä on tieto siirretty ja millainen on tästä syntynyt käyttökokemus? Viides tutkimuskysymys on se, että onko tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa tarve suurempaan tiedonsiirtoon ohjelmistojen välillä?

2.2 Rajaus

Opinnäytetyö rajataan kahden ohjelman Tekla Structures 19.0 ja Vertex BD 19.1.00 tutkimiseen. Tutkimuksessa tutkitaan Vertex BD -ohjelmaa laajemmin ja tuodaan esille tietoa, miten sen mallia prosessoidaan valmisosavalmistajan toimesta elementtitehtaal- la ja tuottaako sen käyttö Tekla Structures -ohjelman rinnalla puurakennesuunnitteluun lisää suunnittelu ja käytännön mahdollisuuksia.

Puurakennesuunnitteluprosessia tutkitaan A-insinöörien Espoon ja Tampereen toimipisteiden henkilöstöä haastattelemalla. Tutkimuksessa otetaan huomioon vain A-insinööreillä vallitsevat suunnittelukäytännöt ja toteutustavat suunnittelutyössä. Tutkimuksessa keskitytään suunnitteluprosessiin rakennesuunnittelun näkökulmasta ja huomioidaan ainoastaan Yleisien Tietomallivaatimuksien 2012 esiintuomat suunnitteluvaiheet, jotka ovat ehdotus-, yleis-, hankintoja palveleva- ja toteutussuunnitteluvaihe.

2.3 Tutkimuksessa käytettävät menetelmät

Taustatutkimus toteutetaan kirjallisuus- sekä empiirisenä tutkimuksena ohjelmien osalta sekä strukturoimattomana teemahaastatteluna käytännön suunnittelutyön suorituksen osalta. Suunnitteluohjelmien Tekla Structures ja Vertex BD -käyttäjää haastatellaan valitsemalla suunnittelijoiden joukosta muutama suunnittelija, joiden teemahaastattelutokset toimivat tutkimuksessa otantana koko suunnittelua suorittavasta ryhmästä. Haastatteluun osallistuneilla henkilöillä oli pidempiaikainen kokemus suunnittelutyöstä ja tutkimuksessa tutkittavista ohjelmistoista. Valmisosavalmistajan prosessien informaation kerääminen tapahtuu strukturoimattoman haastattelun perusteella sekä kirjallisuus- ja internet-lähteitä tutkimalla. Haastattelu tapahtui Stora Enson Hartolan tehtaalla (Jukka Pulkkinen 11.2.2014). Ohjelmistoyrityksien haastattelut tapahtuivat avoimen teemahaastattelun mukaisesti Tekla Oy:n osalta ja sähköpostikeskusteluna Vertex

Systems Oy:n taholta. Vertex Systems Oy:ltä internetkyselyihin vastasi tuotepäällikkö Jukka Haho. [40.]

3 Puurakentaminen Suomessa

3.1 Historia

Suomen puuteollisuuden historia perustuu selluteollisuuteen. Tällä toimialalla on kuitenkin käyty läpi suuri rakennemuutos ja selluteollisuuden tuotantolaitoksia on lakkautettu. Historiassa puurakentaminen on Suomessa ollut yleistä ja rakennuskanta sotien jälkeen on perustunut lähes pelkästään puurakentamiseen esimerkiksi rintamamiestalojen muodossa. Piakkoin kuitenkin 1960-luvulla yleistyi betoniteollisuuden elementti-tuotanto ja valmiselementtejä hyväksikäyttäen saatiin asuntopulaan nopeaa helpotusta. Betonisilla elementeillä saatiin rakennusaikaa merkittävästi kavennettua ja näin vastattua suureen kysynnän piikkiin. Puurakentaminen joutui väistämään betoniteollisuuden tieltä, koska tuolloin ei ollut puuelementtiteollisuutta, jolla olisi nopeutettu rakentamisaikaa. Tuolloin puurakentaminen tapahtui kokonaan miesvoimin työmaalla eikä mitään esivalmistettuja rakennusosia ollut saatavilla. [6.]

Puurakentamisen maine on historiassa tahraantunut homeongelmien myötä. Mediassa puhutaan yleisesti homekouluista ja joitakin puurakenteisia omakotitalojakin homeen takia on myös jouduttu korjaamaan jo ensimmäisien käyttöönottovuosien aikana. Nämä ongelmat ovat johtuneet rakennusvirheistä, suunnitteluvirheistä tai käytön aikaisista virheistä. Näistä suurin ongelmien aiheuttaja on ollut suunnitteluvirheet. Homeongelmaan ei ole kiinnitetty tarpeeksi tarkasti huomiota eikä sitä ole otettu vakavasti suunnitteluvaiheessa huomioon. Tietotaidon ja tutkimuksen puute historiassa on ajanut vanhan puurakennuskannan tähän pisteeseen, missä se on nyt. [8. 9.]

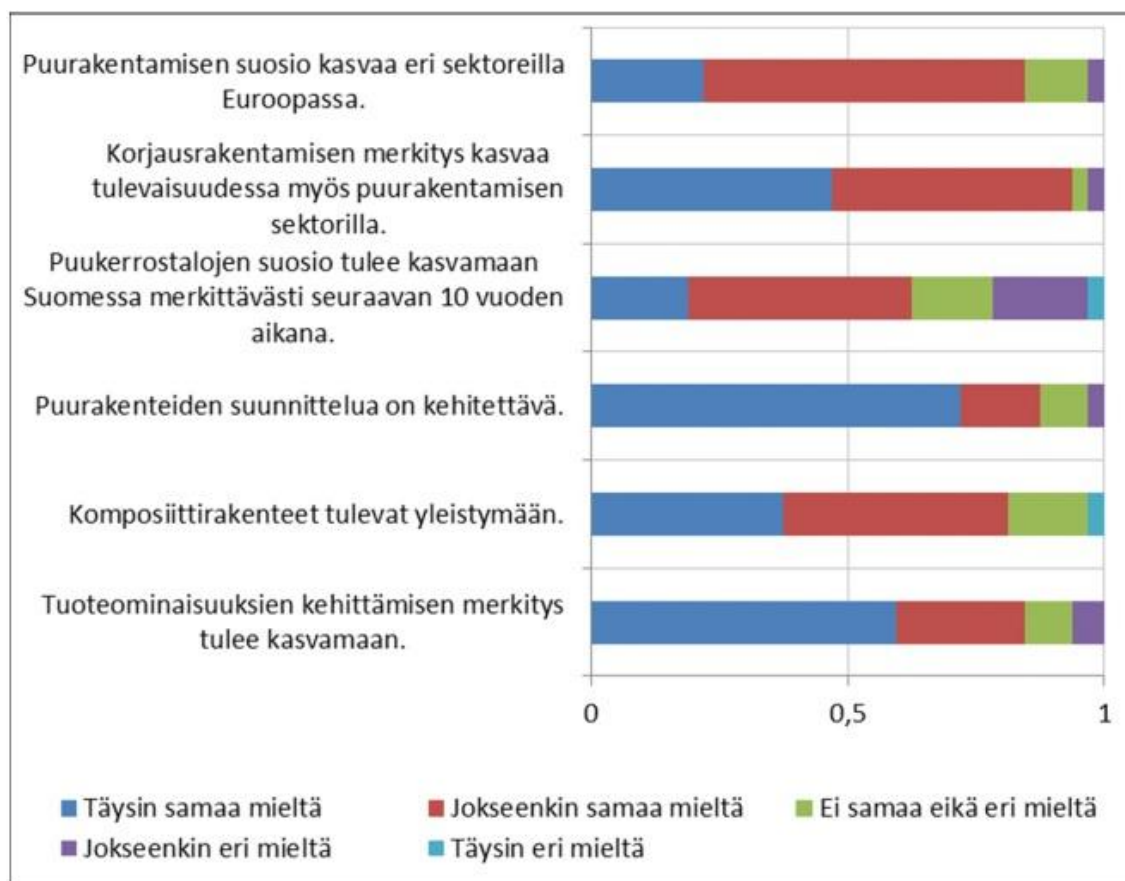
3.2 Tällä hetkellä

Puurakentaminen on yleistynyt viime vuosikymmenenä suuresti energiatehokkaana ja kotimaisena materiaalina. Sen arvostus on noussut suuresti lisääntyneen mainonnan ja uusien referenssi kohteiden valmistuttua. Tällä hetkellä Helsingissä on rakenteilla muutama pelkästään puurakenteinen kortteli ja lisää on suunnitteilla.[10.]

Suomen metsien hyväksikäyttöaste on tällä hetkellä hiukan yli puolet, kun Suomen metsät kasvavat vuosittain yli 100 miljoonaa kuutiometriä runkopuuta. Valtiovalta on sitoutunut edistämään puurakentamista ympäristö- sekä aluetalouksien ja työllisyysnäkökulmien kannalta. ”Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika-linjausten mukaan vuoteen 2017 mennessä Suomen rakentamismääräyksissä tullaan ottamaan huomioon eri rakennusmateriaalien valmistuksen ja kuljetuksen aiheuttamat sekä rakentamisen aikaiset ympäristövaikutukset” sanoo työ- ja elinkeinoministeriön kansliapäällikkö Virtanen Erkki Markku Laukkasen haastattelussa Puuinfo Oy:lle 10.12.2013. [6. 23.]

3.3 Tulevaisuus

Tulevaisuuden näkymät puurakentamisella ovat suotuisat. Tähän viittaavat valtion tah-
totila lisätä puurakentamisen jalostusastetta, volyymia ja vientiä. Valtio voi helpottaa
puurakentamisen kehitystä Suomessa suuresti esimerkiksi lainsäädäntöä muuttamalla
puurakentamista edesauttavaksi. Valtio ei kuitenkaan halua tai voi suosia mitään tiettyä
rakennusmateriaalia, vaan tarkoitus on saattaa puu materiaalina kilpailukykyiseksi be-
tonin ja teräksen rinnalle. Appu Haapio on tehnyt VTT:lle tutkimuksen, missä haastatel-
tiin 162:ta puualalla toimivaa asiantuntijaa. Tähän tutkimukseen sisältyi myös kysymyk-
siä, jotka koskivat puurakentamisen tulevaisuutta Suomessa. Tulevaisuutta koskevaan
kohtaan vastasi 16 asiantuntijaa ja tulokset on esitetty kuvassa 1. Tästä huomattavissa
asiantuntijoiden lähes yhtenevä mielipide siitä, että puurakenteiden suunnittelua on
vastauksien mukaan kehitettävä tulevaisuudessa. [7.]



Kuva 1. VTT:n tutkimuksen tulokset puurakentamisen tulevaisuutta koskevaan kysymykseen [12. s35]

Insinööriyötä tehdessä Suomessa on suunnitteilla noin 6000 puukerrostaloasuntoa. Näiden kohteiden on tarkoitus siirtyä toteutusvaiheeseen lähivuosina. Tämä määrä on noin puolet koko Suomen vuotuisesta uudiskerrostaloasuntojen rakennuskannasta. Kuvan 1 asiantuntijoiden mielipiteet eroavat jokseenkin merkittävän paljon työ- ja elinkeinoministeriön raportista vuodelta 2013 [12, 24]. Asiantuntijoilla on paljon negatiivisempi kokonaiskuva puurakentamisen tulevaisuuteen liittyen kuin työ- ja elinkeinoministeriöllä. Tästä voi päätellä, että ministeriöllä on suuri tahtotila saattaa nämä suunnitellut puukerrostalohankkeet toteutusvaiheeseen, vaikkakin puurakennusallalla työskentelevät ammattilaiset suhtautuvat vielä suopeasti puurakentamisen tulevaisuuteen. Tästä voidaan huomata vielä tällä hetkellä vallitseva negatiivinen ilmapiiri liittyen puurakentamisen sektoriin. [7. 23. 24.]

3.4 Valmiselementtirakentaminen

Puumateriaalin jalostusastetta on tarvetta lisätä, kun puumateriaali halutaan kilpailukykyisemmäksi kotimaan markkinoille sekä vientiin. Eräs jalostustapa on valmiselementtien valmistus ja niiden varustelu tehtaalla mahdollisimman pitkälle. Puuelementit valmistetaan tehtaissa valmiiksi paketeiksi asennettavaksi työmaalla paikalleen. Tehtaalla elementteihin asennetaan kaikkien erikois-suunnittelijoiden suunnitelmien mukaan sähköt ja putkistot. Työmaalla elementit asennetaan järjestyksessä paikoilleen, saumat kiinnitetään ja sähköt sekä putket yhdistetään. Näin saadaan valmistuskustannukset alhaisemmiksi, tuotannonlaatu tasaisemmaksi ja rakennusaikaa lyhennettyä sekä varmistutaan siitä, että rakennusmateriaalit eivät pääse pitkäksi aikaa kostumaan rakennusaikana. [5.]

Valmiselementtien valmistus tapahtuu tehtaalla, missä on erilaisia linjastoja eri elementtityypeille. Linjastoissa saattaa olla suuri määrä automatiikkaa, jolla saadaan parannettua tuotannon laatua ja nopeutettua sen volyymia. Stora Enson Hartolassa sijaitsevassa tehtaassa on erillisiä linjastoja elementtien varusteluun ja kolme kokoamislinjastoa, joissa tilaelementit kootaan kokonaisiksi elementeiksi. Tämän tehtaan pääasiallinen tuote on tilaelementit, minkä lisäksi tehdas tuottaa pienemmällä volyymilla välipohjaelementtejä. Jokaisella elementin varustelulinjastolla on yksilöidyt työstökoneet ja menetelmät työn helpottamiseksi, sekä tuotannon homogeenisyyden ja laadun parantamiseksi. Tällä tavalla saadaan myös elementtien tuotantonopeus mahdollisimman korkeaksi. Stora Enson Hartolan tehtaalla tuotannon volyymi on noin kolme tilaelementtiä työpäivässä. [5.]

Puurakenteisen elementtituotannon kilpailukyvyn ja kilpailuttamismahdollisuuksien parantamiseen on luotu yhtenäinen järjestelmä, joka vakioi puurunkorakenneratkaisuja. Tämä järjestelmä on Puuinfo:n julkistama ja tunnetaan RunkoPes 2.0 nimellä. Järjestelmä on avoin puuelementtistandardi, joka on tarkoitettu puurakenteisten asuintuotannon elementtiratkaisuiden vakioimiseksi. Järjestelmä mahdollistaa suunnittelijan suunnitella tilaajalle yhtenäisen runkoratkaisun ilman, että elementtivalmistaja vaatii elementtien olevan juuri heidän tehtaallaan ja tuotannon mukaisesti suunniteltu. Järjestelmän luomisessa ovat olleet mukana suuret puuelementtituottajat ja puurakentamisen kanssa työskentelevät tahot. Ennen tämän järjestelmän julkistusta suunnittelija on joutunut suunnittelemaan rakennejärjestelmäratkaisut sellaisiksi, kuin tuoteosavalmistaja on vaatinut ja varmistua siitä, että nämä suunnittelut järjestelmät ovat olleet yhteneväiset

tehtaan valmistamiin elementteihin. Suuren edun tästä saa rakentaja, sillä tämän johdosta he voivat kilpailuttaa elementtivalmistajat suuremmalla volyymillä tehtaita. Tämä luo ammattimaiselle puuelementtirakentamiselle asuntotuotantoon uskottavuutta sekä parantaa puurakentamisen kilpailumahdollisuuksia betonirakentamista vastaan. Betonielementtirakentamisessa tällainen vakiointi on ollut rakentajien ja suunnittelijoiden käytössä jo pitkään. [37.]

RunkoPes 2.0 -järjestelmällä pyritään ohjaamaan suunnittelijat yhtenäisiin ratkaisuihin liittyen esimerkiksi rakennepaksuuksiin, liittymien geometriaan, moduuliviivastoon, elementtien kiinnityksiin, aukkojen mitoittamiseen ja valmistustarkkuuteen. Järjestelmä yhtenäistää myös rakennetyyppejä sisältäen kirjaston näistä ja liittymädetaljeista. [37.]

4 Rakennushanke ja tietomallintaminen

Rakennuksen tietomallilla tarkoitetaan sähköisessä muodossa olevaa koko rakennusprosessin ja elinkaarenaikaista yhteistä tietomallia. Tämä tietomalli pitää sisällään rakennuksen kaikki rakennusosat, rakennukset ja tuotetiedot. Tietomallissa kaikki rakennusosat ja rakennukset ovat 3D-muodossa helposti hahmotettavissa ja rakennuksen yksittäisestä osasta sen yksityiskohtainen tieto on saatavilla helposti ja nopeasti. Tietomallia suunnittelee ja mallintaa jokainen rakennushankkeessa oleva erikoissuunnittelija. Näin saadaan yhtenäinen ja jokaista suunnittelualaa tyydyttävä rakennusmalliratkaisu, jonka pohjalta jokainen rakennusurakoitsija saa piirustukset rakennuksen valmistukseen tarvittaessa omasta tietomalli tiedostokansiosta. [4. 1.]

Rakennustietosäätiö RTS ja BuildingSmart Finland tekivät yhteistyössä RIBA Enterprises Ltd:n kanssa vuonna 2013 tutkimuksen tietomallintamisen asenteista [36]. Tutkimuksen tuloksista voi päätellä, että tietomallintaminen on vastauksien perusteella tulevaisuuden suunnittelutyökalu ja tällä hetkellä käytössä jo yli puolella vastanneiden henkilöiden palkan maksavassa yrityksessä. 92 prosenttia vastanneista uskoi tietomallintamisen olevan kokonaisvaltaisessa käytössä viiden vuoden kuluttua. Kyselytutkimukseen vastasi yli 300 suunnittelualalla työskentelevää henkilöä. Tämän tutkimuksen tulos tukee allekirjoittajan omaa näkemystä tietomallintamisen tulevaisuudesta. [3. 1. 36.]

4.1 Rakennushankkeen vaiheet

Perinteinen rakennusprosessi alkaa tilaajaorganisaation tilantarpeesta ja päättyy tämän tarpeen tyydyttymiseen tilaajan toiveiden mukaisesti rakennuksen muodossa. Tähän tilaajaorganisaatiota tyydyttävään lopputulokseen pääsemiseksi on normaalissa rakennusprojektissa olemassa viisi erilaista yksilöllistä päävaihetta, joissa kahdessa on kaksi alivaihetta:

- tarveselvitysvaihe
- hankesuunnitteluvaihe
- rakennussuunnitteluvaihe
 - Luonnossuunnitteluvaihe
 - Toteutussuunnitteluvaihe
- rakentamisvaihe
 - Rakennuksen toteutuksen suunnitelmat
 - Rakennuksen suunnitelmien lopullinen toteuma
- käyttöönottovaihe.

Tarveselvitysvaiheessa käyttäjä toteaa muuttuneen tai uuden tilan tarpeen ja arvioi hankkeeseen ryhtymisen tarpeellisuutta sekä kokoaa tämän informaation tarveselvitykseksi, jonka pohjalta tehdään hankesuunnittelupäätös. Hankesuunnitteluvaiheessa tilaaja arvioi hankkeen eri toteutustavat ja mahdollisuudet. Tulokset kootaan hankesuunnitelmaksi, joka määrää hankkeelle laajuuden ja laatutavoitteet sekä asettaa kustannustason ja aikataulun hankkeen läpiviemiseksi. Käyttäjä tekee hankkeen investointipäätöksen hankesuunnitelman pohjalta. Rakennussuunnitteluvaiheessa valitaan rakennushankkeen suunnittelijat. He luovat tilaajan toiveiden mukaisesti rakennuksen arkkitehtonisen ilmeen sekä suunnittelevat rakennejärjestelmän ja tekniset rakenneratkaisut hankesuunnitelman mukaisesti. Suunnittelutyö jakaantuu kahteen eri vaiheeseen, luonnos- ja toteutussuunnitelmiin. Luonnossuunnitelmien perusteella käyttäjä tai rakennuttaja suorittaa urakkatarjousvaiheen, mikä lopputuloksena valitaan rakennushankkeelle rakennusurakoitsijat. Toteutussuunnitelmavaiheessa luonnossuunnitelmat parannellaan lopullisiksi toteutuskelpoisiksi asiakirjoiksi. Tämän jälkeen alkaa rakentamisvaihe, jonka aikana rakennus rakennetaan toteutussuunnitelmien mukaisesti. Tämä

vaihe alkaa, kun urakkasopimukset on allekirjoitettu. Rakennuksen valmistuttua rakennus luovutetaan tilaajalle ja he tekevät vastaanottopäätöksen. Tämän jälkeen alkaa rakennuksen käyttöönottovaihe. Hankkeeseen osallistuvien urakoitsijoiden takuut vapautuvat, kun käyttöönotosta on kulunut sopimuksessa määrätty aika. Taulukossa 1 on esitetty tässä luvussa esitellyt rakennushankkeen vaiheet. [28. 1. 30.]

Taulukko 1. Perinteisen hankkeen ja tietomallinnushankkeen vaiheet [28. s.13]

Perinteinen hankevaiheistus	Päätökset	Tietomallinnushankkeen vaiheistus	Päätökset
Tarveselvitysvaihe	>Hankepäätös	Hankeohjelmointi, visualisointi, massamallit Vaatusmalli(t) Tilamalli(t)	>Hankepäätös >Investointipäätös
Hankesuunnitteluvaihe	>Investointipäätös		
Luonnossuunnitteluvaihe		Alustava(t) rakennusosamalli(t) (as required)	>Rakentamispäätös
Toteutussuunnitteluvaihe	>Rakentamispäätös	Rakennusosamalli(t) (as designed)	
Rakennuksen toteutuksen suunnitelmat		Toteutusmalli(t) (as planned)	
Rakentamisen suunnitelmien lopullinen toteutuma	>Vastaanottopäätös	Toteutumamalli(t) (as built)	>Vastaanottopäätös
Käyttöönottovaihe	>Takuiden vapauttaminen	Ylläpitomalli(t) (as maintained)	>Takuiden vapauttaminen

4.2 Rakennushankkeen osapuolet

Rakennushankkeessa on normaalisti mukana käyttäjä, rakennuttaja, eri suunnittelualojen suunnittelijat, rakentaja sekä valvova viranomainen. Käyttäjä edustaa rakennushankkeessa toiminnan asiantuntemusta ja hänen toiminnalliset sekä laadulliset vaatimukset ovat hankkeen lähtökohta. Rakennuttaja käynnistää sekä hoitaa hankkeen läpiviennin alusta loppuun. Rakennuttaja vastaa tilaajalle siitä, että rakennus on toiveiden ja tarpeiden mukainen. Suunnitteluosapuoli muodostuu suunnitteluryhmästä, jossa on suunnittelijoita jokaiselta eri suunnittelusektorilta. He vastaavat rakennuksen tuotesuunnittelusta. Suunnitteluryhmää johtaa pääsuunnittelija, joka on yleensä hankkeen suunnitellut arkkitehti. Rakentaja on rakennushankkeen työmaatoteutuksesta vastaava osapuoli. Rakentaja on vastuussa rakennuttajalle hankkeen konkreettisesta rakennustyöstä ja sen lopullisesta laatuksien täyttymisestä. Viranomainen on hankkeessa rakentamista ja suunnittelua valvova viranomaistaho. Viranomainen vastaa tarkastuk-

sin siitä, että lopullinen tuote on rakennettu ja suunniteltu lakien, asetusten, kaavojen ja yleisten ja paikallisten määräysten puitteissa. Taulukossa 2 on esitetty perinteisen rakennusprosessin osapuolten vastuualueet koko projektissa. Mitä tummemmalla taulukon kohta on, sitä enemmän kyseenomaisen kohdan vastuu kuuluu sarakkeen yläreunassa olevalle taholle. [30.]

Taulukko 2. Rakennusosapuoleten vastuut perinteisessä rakennushankkeessa [30.]

	Käyttäjä	Rakennuttaja	Suunnittelija	Rakentaja	Viranomainen
Tarveselvitys					
Hankesuunnittelu					
Rakennussuunnittelu					
Rakentaminen					
Käyttöönotto					

4.3 Tietomallin eri vaiheet

Yleisesti suunnittelusopimuksissa on sovittu mallinnustarkkuus, mallinnettavat rakennosat ja rakennukset sekä tietomallin suunnitteluajataulu ja tietomallin tiedonvaihto sekä yhteensovitusajataulut. Tietomallin sisältämän informaatio tarkkuus tulisi tämän lisäksi olla yhdenmukainen yleisien mallinnusvaatimusten kanssa. Seuraavassa luvussa kerrotaan projektin eri vaiheiden tietomallin informaatio sisällöt. Kuvassa 2 on havainnollistettu, miten rakennuksen tietomalli kehittyy tilamallista ylläpitomalliksi rakennushankkeen edetessä. [30.]

4.3.1 Tilamalli

Rakennusprojektissa rakennuksen mallintaminen alkaa siitä, että suunnittelija luo tilamallin vaatimusmallin ja asiakkaan tilaohjelman perusteella. Tämä malli on mallinnettu käyttäen hyödyksi vain tilaobjekteja eikä tässä oteta kantaa mitä materiaalia rakenteet ovat. Tilaobjektien lisäksi mallinnetaan rakennuksen ulkovaippa. Tarkoitus on hahmottaa asiakkaan tilantarve ja ryhmitellä tilat palo-osastoihin ja huoneistoihin. [28.]

4.3.2 Alustava rakennusosamalli

Rakennesuunnittelija toteuttaa alustavan rakennusosamallin arkkitehdin tilamallin perusteella. Tähän on mallinnettu rakennusosat ja rakenteet todellisina tilamallin tilojen lisäksi. Tietosisällön tulee olla sellainen, että mallista voidaan saada tilamallitietojen lisäksi rakenteiden mitat ja määrätiedot. Alustavan rakennusosamallin pohjalta laaditaan dokumentit rakennusluvan hakemiseen. [28.]

4.3.3 Rakennusosamalli

Rakennusosamallissa on alustavaa rakennusosamallia tarkemmin suunnitellut yksityiskohdat ja detaljit. Rakenteet ovat mallinnettu todellisina rakenteina ja ne sisältävät rakennusselostuksesta ilmenevät tyyppitiedot. Rakennusosamallista tulee saada talorakenteiden määräluettelot. Rakennusosamallista saadaan yleensä tarvittavat dokumentit urakkatarjouskilpailutukseen. [28.]

4.3.4 Tuoteosamalli

Tuoteosamallissa rakenteet ovat suunniteltu vastaamaan tuotetoimittajan todellisia tuotetietoja. Rakenteisiin on lisätty tuotetoimittajan tuotetiedot ja ne ovat todellisia toimittajan elementtituotannon vastaavia tuotteita. Nämä rakenneosat suunnittelee rakenteiden rakennesuunnittelija tai erillinen elementtisuunnittelija. [28.]

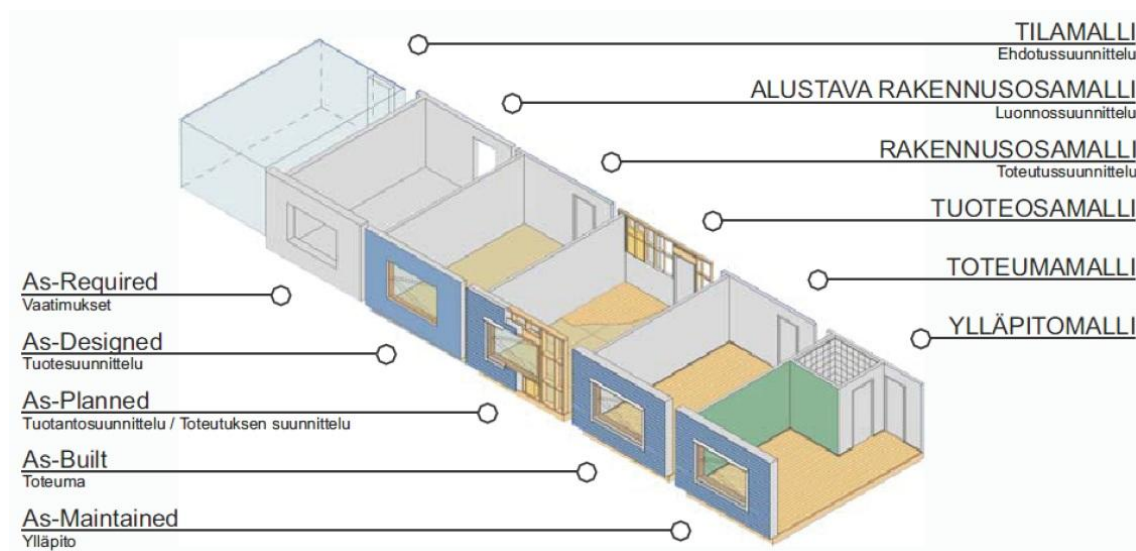
4.3.5 Toteumamalli

Toteumamalli on tuoteosamallin päivitetty ja rakennustöiden lopullinen toteutunut tietomalliversio. Tähän malliin on lisätty ja tarvittaessa muutettu rakenteita sellaisiksi, kuin ne ovat todellisuudessa toteutettu. Toteumamallin tulee vastata rakentamisen lopputulosta, jolloin tätä voidaan pitää ylläpitomallin lähtökohtana. [28. 39.]

4.3.6 Ylläpitomalli

Ylläpitomallia voidaan käyttää rakennuksen elinkaaren aikana esimerkiksi huoltotoimenpiteitä arvioitaessa. Rakennuksen käyttötarkoituksen muuttuessa tai rakenteiden muuttuessa ylläpitomallia päivitetään vastaamaan sen hetkisiä todellisia rakenteita.

Näin ylläpitomalli pysyy ajan tasalla ja sen käyttö on tarkoituksenmukaista. Optimaalisinta olisi, jos ylläpitomalli olisi integroitu muihin rakennuksen käytön ja huollon aikaisiin tietojärjestelmiin. [28. 39.]



Kuva 2. Tietomallintamisen vaiheet [39.s38]

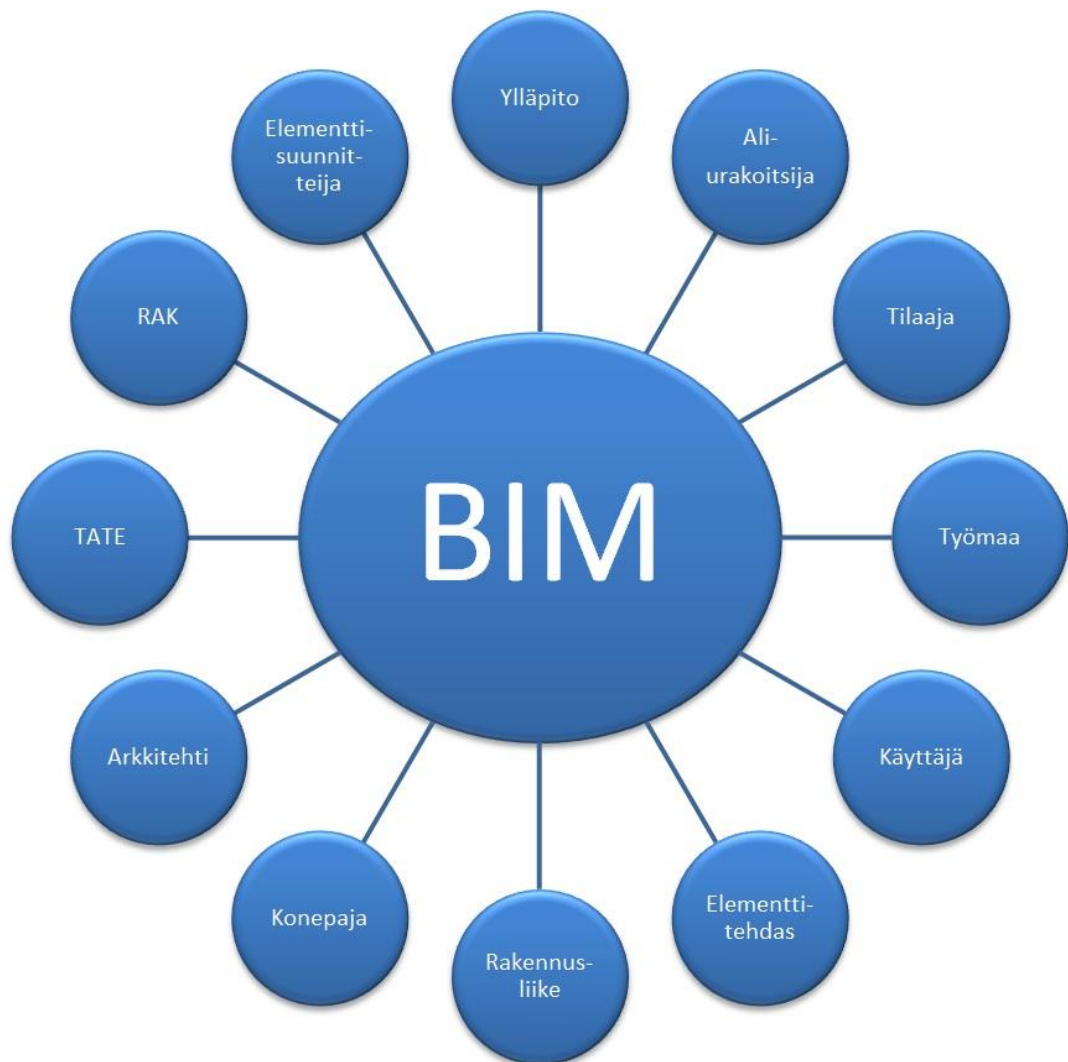
4.4 Tietomallintamisen tarkoitus

Tietomallintaminen on yleistynyt suuresti rakennusalalla viimeisten vuosikymmenten aikana. Se on helpottanut kaikkien rakennushankkeen osapuolten työtä ja tiedonkulkua, mutta myös aiheuttanut käyttöönottossa hankaluuksia ja uudenoppimista sekä tuonut muutoksia työnkulkuun, käytäntöihin ja menettelytapoihin. [36.]

Tietomallintamisen tarkoitus on, että rakennuksen rakennusprosessin ja koko elinkaaren aikaiset tiedot ovat yhdessä digitaalisessa muodossa koko rakennuksen elinkaaren ajan. Näin pystytään parantamaan rakennuksen sisältämää tiedonhallintaa. Tarkoitus on saada koko rakennuksen kattavasta digitaalisesta tiedostosta suurin hyöty irti jokaisessa rakennuksen elinkaaren vaiheessa, mikä alkaa suunnittelusta ja loppuu rakennuksen purkamiseen. Tästä on erityisesti hyötyä rakennuksen käytön aikana. Rakennuksen kaikki rakennusaikainen ja toteutunut tieto on yhdessä paikassa havainnollisesti esimerkiksi rakennuksen huoltoyhtiön henkilökunnan tarkastettavana ylläpitomallista. Tämä helpottaa erityisesti rakennuksen huoltoyhtiön työtä rakennuksen kunnon seu-

raamisessa sekä peruskorjausten yhteydessä ja niiden tarpeellisuuden arvioinnissa. [39.]

Tuotemallinnus on kehittynyt ja kehittyy jatkuvasti rakennusalan mukana ja luo mahdollisuuksia rakennushankkeen läpiviemiseen vähemmällä rakennus- ja suunnitteluvirheillä. Tietomallinnuksessa on tarkoitus, että mallia käytettäisiin mahdollisimman paljon suunnittelu, rakennus ja käyttövaiheessa, ja että sitä käyttäisivät jokainen rakennushankkeen taho. Kuvassa 3 on esitetty, mitkä kaikki rakennushankkeen tahot optimaalisessa tilanteessa käyttävät ja hyötyvät tietomallista saatavasta informaatiosta. Tällaiseen tilanteeseen pyrkiminen on nykypäivää ja saavutettavissa lähitulevaisuudessa yhä useammassa käynnistytävissä projektissa. [3. 1.]



Kuva 3. Tietomallista hyötyvät tahot rakennushankkeessa [4.]

4.5 Tietomallintamisesta saatava hyöty

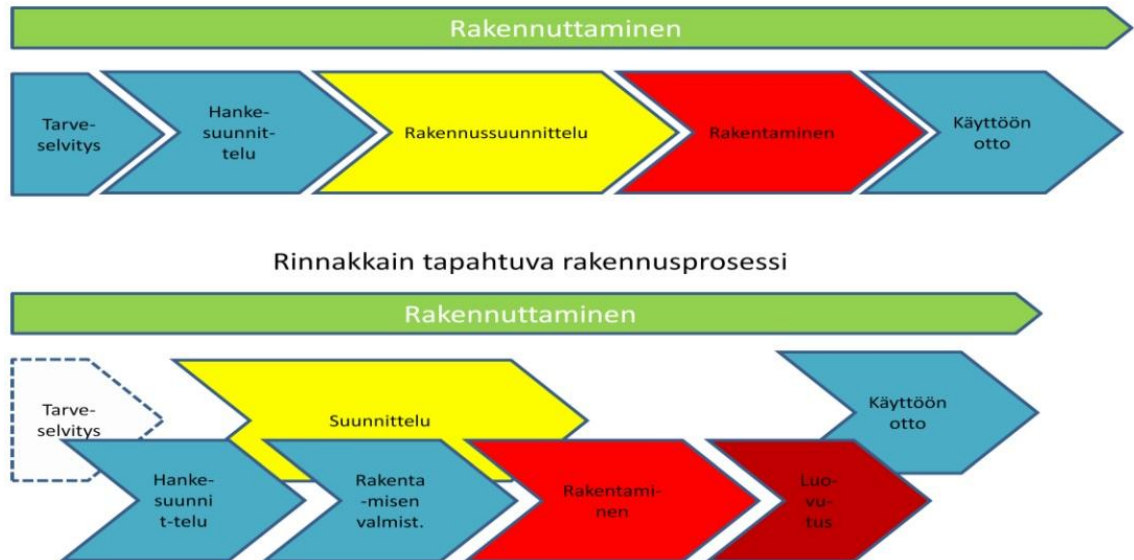
Tietomallintaminen helpottaa suunnittelijoiden käytännön työtä ja parantaa suunnitelmien oikeellisuutta sekä auttaa suunnitelmien hahmottamisessa. Tämän lisäksi mallintaminen vähentää suuresti ristiriitaisuuksia eri suunnittelijoiden välisissä suunnitelmissa sekä piirustusten päivittyminen tapahtuu automaattisesti mallia muutettaessa. Tietomalli pienentää tulevaisuudessa virheiden mahdollisuuden toteuttaa rakentamista vanhoilla työpiirustuksilla. Kaikkien rakennushankkeen osapuolten käyttäessä tietomallia on saatava hyöty kaikista suurin. Tietomalli on kuitenkin yleistynyt suuresti vasta suunnittelutoimistoissa ja suurimmissa rakennusalan yrityksissä. Työmaakäytössä tietomalli on tällä hetkellä vielä vähäisessä käytössä. Työmaan ja käytönaikaiseen rakennuksen huoltotoimien käyttöön tietomallista saatava hyöty olisi merkittävä. Tätä ei vielä kuitenkaan ole osattu tai haluttu, sen vaativan taloudellisen alkupanostuksen tai ennakkolukujen takia, alan yrityksissä ottaa täyteen käyttöön. [39.]

Tietomallinnuksella rakennushankkeessa saavutetaan:

- Hankkeen päätöksentekoon saadaan helppoutta ja nopeutta.
- Havainnollistaa suunnitteluratkaisuja.
- Helpottaa eri suunnittelijoiden suunnitelmien yhteensovittamista.
- Nostaa lopputuotteen laatua.
- Tehostaa rakentamisaikaisia prosesseja.
- Parantaa työturvallisuutta rakentamisen aikana. [1. 13. 14.]

Aikaisemmin rakennusprojekti on edennyt alla olevan kuvan 4 alapuoleisen kaavion osoittamalla tavalla. Eroa mallintavasta suunnitteluprosessista, joka on esitetty kuvan 4 yläpuoleisessa kaaviossa, on se, että suunnittelutyö tapahtui rakentamisen edetessä. Tästä johtuen suuria rakenteellisia rakenneratkaisuja ei välttämättä ole vielä päätetty tai suunniteltu ennen rakentamisen aloittamista. Mallintavassa suunnittelussa nämä rakenneratkaisut ovat suunniteltu jo ennen työmaavaihetta, mistä saattaa koitua tilaajalle suuri taloudellinen hyöty. Projektin käytännön toteuttaja osapuoli eli rakentaja saattaa olla myös mukana suunnittelukokouksissa jo suunnittelun alussa ja näin tuoda

kokemusta työmaakohtaisesta rakentamisesta ja päästä vaikuttamaan rakenneratkaisuihin. Tämä saattaa tuottaa tilaajalle suurta taloudellista hyötyä esimerkiksi rakennushankkeen aikataulussa pysymisessä. [28.]



Kuva 4. Perinteisen ja tietomallintamalla suunnitellun rakennushankkeen rakennusprosessi [28.]

4.6 Tiedonsiirto

Tiedonsiirrolla tarkoitetaan tässä yhteydessä 3D-pohjaista oliogeometriaan perustuvaa informaation välitystä ohjelmistoista toiseen. Tähän on ollut olemassa tarve, kun tietomallintaminen on yleistynyt eri suunnittelualoille. Alkujaan 3D-pohjaista suunnittelun tietomallia käyttivät apuvälineenään pelkästään arkkitehtitoimistot. Tilaajien alkaessa vaatia suunnitelmapiirustuksien lisäksi rakennuksen tietomalli yleistyi tietomallintaminen eri suunnittelusektoreilla. Tämä johti siihen, että syntyi tarve yhdistää ja tarkistaa eri suunnittelualojen suunnitelmien ja tietomallien yhteensopivuus prosessin edetessä tietyin väliajoin sekä joidenkin alojen suunnitelmat toimivat toisinaan lähtötietona erikoissuunnittelijoille. Tätä tarkoitusta varten luotiin yhtenäinen tiedostoformaatti, jolla saatiin ohjelman natiivimuodossa olevasta mallista luotua tiedosto, joka voitiin yhdistää eri suunnittelualojen tietomallien kanssa. [5. 16.]

Tiedonsiirron korkea taso on rakennemallista saatavan hyödyn kannalta todella tärkeää. Eri erikoissuunnittelijat suunnittelevat omat suunnitelmansa tähän tarkoitettuilla ja valmistetulla ohjelmistoilla, joten tiedonsiirtomahdollisuus on tärkeää esimerkiksi tör-

mäystarkasteluja tehtäessä, kun kaikki suunnitelmat tulee saada samaan ohjelmistoon. Kaikki rakenteiden suunnittelukäytössä olevat ohjelmat tukevat pääsääntöisesti tiedonsiirtoa ja sen voi suorittaa vähimmillään referenssi-muodossa. Tämä tarkoittaa sitä, että tieto siirtyy ohjelmasta toiseen 3D-geometriatietoina. Tästä parempi vaihtoehto olisi se, että siirrettävän rakennuksen osan tai rakennusosan geometriatietojen lisäksi käyttäjä saisi siirrettyä haluamiaan attribuutteja myös. Tähän ei kuitenkaan aina ole tarvetta vaan toisinaan riittää geometriatietojen tarkastelu. Tässä insinööriyössä tutkittavissa ohjelmissa tiedonsiirto tapahtuu molemmissa import-ominaisuudella referenssinä ja export-ominaisuudella sisältäen mm. tiedon materiaalista ja muista valituista attribuuteista.

Tällä hetkellä tiedonsiirron yleinen formaatti oliopohjaisessa tuotemallissa on IFC-muotoinen. Se on kansainvälisesti käytössä ja lähes kaikki rakennusallalla olevat oliopohjaiset suunnitteluohjelmistot tukevat tätä formaattia. IFC on IAI-järjestön (*International Alliance for Interoperability*) tekemä ja kehittämä standardi. IAI-järjestö on perustettu vuonna 1994 kehittämään yhteensopivuutta eri suunnitteluohjelmien välillä. Vuonna 2005 järjestö muutti nimekseen BuildingSmart, jolla se tiedetään nykypäivänä. Järjestö on julkaissut useita IFC-formaatin päivityksiä ja tällä hetkellä kehitteillä on IFC-formaatti IFC5, mikä on työtä tehdessä alkusuunnitteluvaiheessa. Uusin tämän hetkinen julkaistu formaatti, joka on käytettävissä, on IFC2x4. Tämä on julkaistu maaliskuussa 2013. Tätä formaattia ei tue kuitenkaan tätä työtä tehdessä vielä kumpikaan insinööriyössä tutkittavista ohjelmista. Nämä ohjelmat tukevat tällä hetkellä IFC2x3-formaattia, joka on yleisesti käytössä lähes kaikissa suunnitteluohjelmissa tiedonsiirtoformaattina. [16. 17.]

IFC-formaatissa kirjoitetun datan käsittelyyn on olemassa monia ilmaisia ohjelmia. Näistä ohjelmista on olemassa lista ja latauslinkit BuildingSmart:n sivustolta. Näillä ohjelmilla voidaan avata IFC-formaatissa oleva tiedosto ja tarkastella tietomallia 3D-muodossa sekä avata yksittäisen rakennusosan sisältämiä attribuutti-tietoja. Tästä voidaan hyötyä esimerkiksi projektin suunnittelukokouksessa, kun tarkastetaan suunnitelmien ristiriitaisuudet esimerkiksi törmäystarkastelulla ja havainnollistetaan suunnitelmia projektin eri osapuolille. Tietomallin hyödyntäminen työmaalla onnistuu myös helposti näillä ilmaisohjelmilla ilman suurta investointia kokonaiseen tietomallinnusohjelmaan. [17.]

4.7 Yleiset ohjeistukset

Rakennusallalla tietomallintamisen käyttö on kasvanut nopeasti, joten rakennushankkeissa on huomattu tarve määrittää entistä tarkemmin miten rakennus mallinnetaan sekä mitä informaatiota mallin tulee sisältää. Koska kaikissa suunnittelusopimuksissa tulee esittää sitovasti ja yhdenmukaisesti mallinnusvaatimukset, mitä ja miten mallinnetaan. Tähän on pyritty tekemään yhtenäinen tietokanta, josta nämä tiedot ovat saatavilla kaikille osapuolille ilmaiseksi. Yleisesti näihin mallinnusohjeistuksiin on tarkoitus viitata suoraan suunnittelusopimuksissa, jolloin niiden tarkoitus yhtenäistää ja vakinaistaa toimintatapoja toteutuisi parhaiten. [1.]

4.7.1 YTV2012 - Yleiset tietomallivaatimukset

Tietomallin kokonaisvaltaisen hyödyntämisen ehdoton edellytys on, että malli on laadittu oikein ja sen suunnittelussa on otettu huomioon monia erinäisiä asioita, joista jokainen mallin suunnittelija on ollut tietoinen. Näiden suunnittelukäytäntöjen tulee olla yhteneväisiä eri suunnittelijoiden sekä suunnittelualojen kesken. Mallinnuksen yleistyttyä on huomattu tarve yhtenäistää mallinnuskäytäntöjä, mitä varten käynnistettiin vuonna 2011 COBIM-projekti (*Common BIM requirements*), jonka tarkoituksena oli luoda Suomeen yhteinen ohjeistus tietomallinnuksen pelisäännöistä. [1.]

COBIM-projekti oli Rakennustietosäätiön johtama ja siihen osallistui monia Suomen johtavia rakennusalan toimijoita. Lopulliseksi nimeksi luoduille vaatimuksille valittiin Yleiset tietomallinnusvaatimukset 2012. [1.]

Yleiset tietomallivaatimuksen 2012 sisältävät 14 osaa:

- Osa 1. Yleinen osuus
- Osa 2. Lähtötietojen mallinnus
- Osa 3. Arkkitehtisuunnittelu
- Osa 4. Talotekninen suunnittelu

- Osa 5. Rakennesuunnittelu
- Osa 6. Laadunvalmistus
- Osa 7. Määrälaskenta
- Osa 8. Mallien käyttö havainnollistamisessa
- Osa 9. Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä
- Osa 10. Energia-analyysit
- Osa 11. Tietomalliprojektin johtaminen
- Osa 12. Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
- Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa
- Osa 14. Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa.

Näiden ohjeistuksien tarkoituksena on, että samat tietomallivaatimukset olisivat käytössä jokaisella suunnittelualalla ja mallintaminen sekä suunnittelu toteutettaisiin samojen sääntöjen ja vaatimusten alaisuudessa. Näin tiedonsiirto suunnittelualojen kesken saataisiin mahdollisimman yksinkertaiseksi ja ongelmilta välttyttäisiin sekä saataisiin suurin hyöty mallintamisen ja ohjelmistojen tuomista eduista. Saatava hyöty on myös yrityksen intressien mukaista, sillä kun saadaan suunnittelu- ja mallinnuskäytännöt yhtenäistettyä koko henkilöstön osalta, tulee työstä enemmän rutiinin omaista, mikä johtaa siihen, että virhemarginaali pienenee merkittävästi. [1.]

Rakennustietosäätiön RTS ja BuildingSmart Finland:n yhteistyössä RIBA Enterprises Ltd:n kanssa vuonna 2013 tekemän tutkimuksen tietomallintamisen asenteista kyselyihin vastanneista 52 % kertoi tuntevansa yleiset tietomallinvaatimukset 2012. Loput vastanneista kertoivat, etteivät tunne näitä vaatimuksia. Kyselyyn vastanneista kuitenkin kertoi tietomallintavansa noin 80 % [36.]. Insinööriyöhön liittyvien haastatteluiden perusteella tilaajayrityksessä prosenttilukema tietämyksestä yleisiä tietomallivaatimuksia kohtaan on yhteneväinen edellä mainitun tutkimuksen kanssa. Tilaajayrityksessä on

huomattavissa selvä ero tietämyksessä yleisiin tietomallivaatimuksiin 2012 puurakenteita ja betonirakenteita suunnittelevien kesken. Puurakenteita suunnittelevien suunnittelijoiden tietämys YTV 2012:stä on heikompaa kuin betonirakenteita suunnittelevien. Tähän saattaa vaikuttaa se, että puurakenteisia hankkeita on tietomallinnettu verrattain vähän ja on yrityksessä puurakenteista puhuttaessa suhteellisen tuore toimintatapa Espoon toimistossa. Toinen asia mikä vaikuttaa tähän on se, että YTV 2012 on mielletty sovellettavaksi lähes pelkästään betonirakenteisissa tietomalliprojekteissa. Tampereen toimipisteessä tietämys haastattelujen perusteella YTV 2012:stä on parempaa puurakenteisissa kohteissa kuin Espoon toimipisteessä. [36. 38. 43.]

4.7.2 BEC2012 - Elementtisuunnittelun mallinnusohje

Yleisiin tietomallivaatimuksiin tarvitaan tarkennusta, jos halutaan lukea tietomallista tarkkaa ja tuotevalmistukseen soveltuvaa informaatiota suoraan tuotannonohjausjärjestelmiin elementtitehtaila. Tätä varten on luotu BEC2012-projektissa ohjeistus, missä olivat mukana betonielementtiteollisuus, rakennesuunnittelijat ja Tekla Oyj. [44.]

Tämä ohjeistus on luotu ohjelmakohtaisesti Tekla Structuresille ja nimenomaan betonielementtivalmistukseen. Puuelementtisuunnitteluun samankaltaista, yhtä kattavaa ja tarkkaa mallintamisohjeistusta ei ole olemassa. Puuelementtisuunnittelua koskevat ohjeistukset ovat enemmänkin yrityskohtaisia ja soveltuvat pelkästään projektikohtaisesti valmisosavalmistajan tuotteisiin. [38. 44.]

5 Tutkimuksessa käytettävät ohjelmistot

5.1 Tekla Oy

Tekla Oy on kansainvälinen rakennusalan ohjelmistoja valmistava yritys. Sillä on kaksi liiketoiminta-aluetta, jotka ovat Building & Construction ja Infra & Energy. Näistä ensimmäinen on keskittynyt BIM-ohjelmistoihin, mitkä tehostavat rakennusalaalla suunnittelu ja rakennustyötä. Infra & Energy -toimiala on keskittynyt Infrastruktuuri- ja energia-sektorille. Tämä kehittää Tekla Solutions -teknologiaa, mikä on kohdistettu verkkojen, infrastruktuurin sekä niihin liittyvien liiketoimintaprosessien mallintamiseen ja hallintaan. [25.]

5.1.1 Historia

Tekla Oy:n juuret johtavat vuoteen 1966, jolloin Tekninen laskenta Oy perustetaan. Tätä ennen teknisen laskennan yritykset olivat omaksuneet automaattisen tietojenkäsittelyn ja tietokoneiden käyttö lisääntyi jatkuvasti. Pienet insinööritoimistot päättivät resurssipulan takia yhdistää liiketoimintansa, josta syntyi Tekninen laskenta Oy. Nopeasti vakiintui yrityksen kutsumanimeksi Tekla, joka tulee yrityksen nimen alkukirjainten yhdistelmästä. Tästä kutsumanimestä tuli virallinen yrityksen nimi Tekla Oy vasta vuonna 1980. Teräsrakenteiden suunnitteluohjelmiston Xsteel kaupallinen versio valmistuu vuonna 1993. Tätä ohjelmiston kehitystä jatkettiin ja sen nimeksi vaihdettiin Tekla Structures, mikä tuli markkinoille 2004. Vuoteen 2010 mennessä Tekla Structures -lisenssiä on myyty jo yli 18 000 kappaletta lähes 100 maahan. Teklasta tuli vuonna 2011 osa Trimble-konsernia, kun yhdysvaltalainen yritys teki Tekla Oy:sta julkisen ostotarjouksen. Tekla Oy:n päätoimisto sijaitsee omistajan vaihdosta huolimatta vielä Espoossa, jossa se sijaitsi myös ennen yrityskauppojakin. [25.]

5.1.2 Tekla Structures

Tekla Structures on mallinnusohjelmisto, joka liittyy Tekla Oy:n Building & Construction liiketoiminta-alueelle. Se on 3D-malli ja oliopohjainen suunnitteluohjelma, jolla voidaan suunnitella kaikki tarvittavat suunnitelmat ja valmistaa kuvat suunnittelun alusta rakennuksen valmistukseen asti. Ohjelmisto tarjoaa myös toimivat mahdollisuudet 4D- ja 5D-suunnitteluun. [4.]

Tekla Structures perustuu Windows-käyttöjärjestelmään. Ohjelma on tehty suunnittelutyön apuvälineeksi, jolla voi suunnitella ja mallintaa betoni-, teräs- ja puurakenteita. Ohjelma tukee multi-user-työskentelyä, mikä mahdollistaa sen, että samaa tietomallia voi työstää useampi suunnittelija samanaikaisesti. Tässä työskentely tavassa täytyy vain pitää huoli, että samaa rakennusosaa ei työstä, kuin yksi suunnittelija kerrallaan. Samaa rakennusosaa yhdenaikaisesti eri suunnittelijoiden muuttaessa muutokset eivät tallennu tietomallikansioon, vaan ohjelma antaa virheilmoituksen ja säilyttää rakennusosan viimeksi talletetussa muodossa. [4. 35.]

Koordinaatisto Tekla Structures -ohjelmassa luodaan projektikohtaisesti yksilölliseksi siten, että projektin origo ei olisi kovin kaukana rakennuksesta. Rakennuksen voi mallintaa mihin tahansa korkoon ja asemaan origoon nähden, mutta suositeltavaa on, että

rakennusosien korot ovat aina positiivisia. Näin vältetään työmaalla inhimillisistä erehdyksistä lukea korkoa väärin. Koordinaatisto luodaan yleensä niin, että kerroksittainen lattiatason valmispinta on korkeusaseman osoittamalla z-koordinaattiakselilla. Rakennus- ja detaljipiirustuksien luonti tapahtuu ohjelmassa olevan piirustusominaisuuden avulla. Ohjelmassa on valmiina piirustus pohjia, joihin halutusta rakennus- tai rakenneosasta voidaan tehdä piirustus. Valmiilla rakennusosan kuvalla voidaan kloonata toisesta eriävästä rakennusosasta piirustus, johon kopioituvat kuvassa olevat asetukset. Tästä ominaisuudesta Tekla Oy on kuitenkin Tekla Structures 19.1 -versiosta eteenpäin luopumassa. Näissä uusimmissa ohjelmaversioissa kuvien teko tulee tapahtumaan *dimensioning*-ominaisuuden avulla antamalla kuville tiedot mitä kuviin tulee ja tekemällä näillä asetuksilla kuvan tietomallissa olevasta rakennusosasta. Rakennusosasta tehdyt piirustukset päivittyvät, jos rakennusosaa muutetaan mallin puolella. [35.]

Puurakenteiden suunnitteluun ei ohjelmassa ole omaa työkalua, niin kuin on betonin ja teräksen mallintamiseen, mutta teräsrakenteiden työkaluun on ohjelmassa sisällytetty puurakenteiden kirjasto, millä puurakenteiden mallinnus ja suunnittelu onnistuu. Puurakenteiden suunnitteluun soveltuvat kirjastot ovat ohjelmassa uusi ominaisuus. Tällä on haluttu vastata käyttäjien kysyntään mallintaa tiettyjä puurakenneosia. Ohjelmassa ei ole valmiita komponentteja puurakenteiden suunnitteluun olemassa, vaan suunnittelija joutuu tekemään ohjelmaan itse haluamansa custom-komponentit. Insinööriyötä tehdessä Tekla Oy ei ole kehittämässä puurakenteille omaa työkalua eikä tekemässä omia komponentteja, sillä markkinat ovat tällä saralla vielä toistaiseksi pienet verrattuna tämän vaatimaan tuotekehitykseen. [35.]

Teräsbetonirakenteisissa rakennuksen osissa voidaan suunnitella ja liittää betonin rauditus kokonaisuudessaan yhteiseksi rakenteeksi. Näin saadaan mallista tulostetuksi valmiit raudituskuvat elementti- ja paikallavalumuottikuvien lisäksi. Samalla tavalla puurakenteisiin elementteihin liitetty teräsosat saadaan tulostumaan elementtipiirustuksiin ja niitä muutettaessa piirustukset päivittyvät tietomallissa olevan mukaisiksi.

Tekla Structures -ohjelmassa on avoin koodi, joka mahdollistaa käyttäjälle omien komponenttien ohjelmoinnin. Näin käyttäjällä on mahdollisuus valmistaa ja ohjelmoida sellainen komponentti, kuin projektin kannalta on tarpeellista. Tämä ominaisuus tulee kysymykseen erityisesti puurakenteisissa elementtikohteissa, sillä Tekla Structures -ohjelmassa ei ole valmiina puuelementtisuunnitteluun soveltuvia komponentteja. [35.]

Tekla Structures -mallista saadaan siirrettyä informaatiota betonielementtitehtaan muottikoneistoille unitech-formaatissa, mikäli tehtaalla on automatisoituja muottikoneita. Nämä muottikoneet siirtävät automaattisesti muotin reunoja siten, että elementin geometria on yhteneväinen suunnitelmissa ja mallissa olevan elementin kanssa. Raudoituksien katkaisuun ja taivutuksiin on olemassa Tekla Structures -ohjelmassa tiedonsiirto-formaatti PVP, jolla raudoituksen katkaisu- ja taivutuskoneille saadaan siirrettyä tieto tietomallissa olevasta elementistä ja sen sisältävistä raudoituksien pituuksista ja muodoista. Työstökone työstää kaikki elementin raudoitukset ja taivuttaa sekä katkaisee ne valmiiksi asennettaviksi muottiin. Puurakenteisiin ei Tekla Structures -ohjelmassa ole mitään verrattavaa tiedonsiirtoformaattia olemassa, eikä näin ollen puurakenteiden elementtivalmistukseen voida siirtää Tekla Structuresista työstöinformaatiota. Tällaista uutta formaattia ei olla tällä hetkellä kehittämässä, kertoo Sakari Lahti Tekla Oy:ltä. Tähän vaikuttaa markkinoilla vallitseva tilanne, eikä tällä hetkellä ole kysyntää tähän puuvalmisosavalmistajien taholta, hän lisää. Tässä asiassa on huomattava etu työssä tutkittavalla toisella ohjelmalla, Vertex BD:llä, jolla työstökoneille saadaan siirrettyä informaatiota. [35.]

Tekla Structures ja Vertex BD -ohjelmien välillä tiedonsiirto on järkevää suorittaa IFC-formaatissa. Toinen mahdollinen tiedonsiirtoformaatti on 3D DWG-formaatti, jolla Tekla Structures -ohjelmasta voidaan siirtää Vertex BD -ohjelmaan tietomallipohjaista dataa. Tekla Structures tukee useampia tiedonsiirtoformaatteja kuin Vertex BD, mutta Tekla Structures -ohjelmasta export-ominaisuudella tuotu malli on mahdollista Vertex BD -ohjelmassa import-ominaisuudella avata ainoastaan näissä kahdessa tiedonsiirtoformaatissa. Tästä johtuen IFC- ja 3D DWG-formaatit ovat yhdistävät tekijät näiden kahden ohjelman välillä tiedonsiirrossa.

5.2 Vertex Systems Oy

Vertex Systems Oy on suomalainen kansainvälisesti toimiva ohjelmistoyritys. Yritys myy ohjelmistoja, jotka on suunnattu teollisuudelle. Vertex Systems Oy on suuntautunut kahteen eri toimialaan, jotka ovat koneenrakennus ja talonrakennus. Vertex Systems Oy:llä on seitsemän erilaista ohjelmistoa, joista jokainen palvelee yksilöllisesti juuri tilaajan omaa erikoistoimintaa joko koneen- tai talonrakennusalailla. Vertex Systems Oy:n ohjelmistot palvelevat aloja, jotka ovat mekaniikkasuunnittelu, laitos- ja putkistosuunnittelu, kaaviosuunnittelu, sähkö- ja automaatio-suunnittelu, hydraulikkasuun-

nittelu, keittiö-, kaluste- ja tilasuunnittelu ja Vertex BD (*Building Desing*), joka on suunnattu puutaloelementtiteollisuudelle ja on käytössä tätä teollisuutta palvelevilla suunnittelutoimistoilla. Tässä tutkimuksessa perehdytään pelkästään puuelementtiteollisuutta palvelevaa Vertex BD (*Building Desing*) -ohjelman käyttöön. Tämän lisäksi yrityksellä on kaksi ohjelmistoa, Flow ja DS (*Design Stream*), jotka eivät varsinaisesti ole erillisiä suunnitteluohjelmistoja, vaan ne voidaan ottaa käyttöön yrityksen tarpeiden mukaan tarjoten esimerkiksi yleiseen dokumenttien tai tuotteen elinkaaren hallintaan. Yritys kehittää myös yksilöityjä ohjelmistoversioita asiakkaan tarpeiden mukaan. [3.]

5.2.1 Historia

Vertex Systems Oy on perustettu Suomessa vuonna 1977. Yritys on pysynyt suomalaisessa omistuksessa koko elinkaarensa ajan ja on laajentanut toimintaansa tällä hetkellä 35 maahan ja neljälle mantereelle. Tähän mennessä Vertex-ohjelmistoja ja lisenssejä on myyty yli 18000 kappaletta. Alun perin yhtiön ohjelmistot toimivat CAD-pohjaisesti 2D-suunnittelua tukevasti, mutta jo vuonna 1981 yritys alkoi tuottaa 3D-suunnittelua tukevia ohjelmistoja. Yrityksellä on tytäryhtiö Vertex CAD/PDM Systems Australiassa ja Singaporessa sekä Bostonissa sijaitsee osakkuusyhtiö Argos Systems Inc. [3.]

5.2.2 Vertex BD -ohjelmisto

Tässä työssä käsitellään Vertex BD 19.1 -versiota, joka on räätälöity Stora Enson tehtaan tarpeiden ja tuotannon mukaan. Suunnittelutyö olisi hyvä tapahtua samalla ohjelmistolla, joka on suunniteltu tehtaan tarpeiden mukaan tai ainakin lopullinen dokumentaatio tulisi olla tässä muodossa. [2. 5.]

Vertex BD -ohjelmalla luodusta tietomallista on mahdollista siirtää puuelementtitehtaan NC-työstökoneille geometria informaatiota. Tämä tarkoittaa sitä, että elementtejä voidaan työstää osittain täysin automatisoidusti. Stora Enson Hartolan tehtaalla tämä mahdollisuus on otettu käyttöön ja tietoa siirretään jokaisesta seinäelementistä työstökoneille, minkä jälkeen esivalmistetut kantavat seinäelementin osat varustellaan lopulliseen muotoonsa. [6.]

Vertex BD on oliopohjainen 3D-suunnitteluohjelma, joka on tarkoitettu puu- ja teräsrakenteiden rakennusten suunnitteluun ja mallintamiseen. Ohjelmalla saa tehtyä mitta-

tarkan mallin valmistettavasta rakennuksesta tai rakennuksen osasta sekä kaikki puu- ja teräsrakenteisten rakennusosien luonnossuunnitteluvaiheesta toteutussuunnitteluun tarvittavat rakennuskuvat. Vertex BD ei tue multi-user-työskentelyä, mikä tarkoittaa sitä, että samanaikaisesti samaa mallia ei voi työstää kuin yksi suunnittelija kerrallaan. Tässä on ero Tekla Structures -ohjelmaan, missä samanaikaisesti samaa mallia on mahdollista työstää useamman henkilön voimin. Vertex BD:ssä voidaan mallinnus toteuttaa 3D-mallin puolella tai kuvapuolella, josta tiedot rakennusosasta päivittyy 3D-malliin. Mallinnus tapahtuu kerroskohtaisesti, eli niin, että projektin alussa asetetaan ohjelmaan projektissa olevien kerrosten lukumäärä ja tämän jälkeen jokaista kerrosta voidaan muokata itsenäisesti. Mallin koordinaatisto muodostuu myös näiden kerrosasetuksien mukaan. Vertex BD -mallissa origo on automaattisesti tietyssä paikassa mallin avaruutta, joten mallinnus tulee aloittaa tietyltä etäisyydestä origoon nähden. Tämä täytyy ottaa huomioon mallintamasta aloittaessa niin, että rakennus asettuu oikeisiin koordinaatteihin alusta alkaen. Näin säästytään koko mallin siirtämiseltä myöhemmässä vaiheessa, mikä saattaa aiheuttaa ongelmia joidenkin objektien sisältämien yksittäisten rakennusosien kanssa. Tämä on erityisen tärkeää, mikäli projektin edetessä suoritetaan tiedonsiirtoa tai tarkastellaan yhdistelmä mallia eri suunnittelijoiden suunnitelmien kesken. [3.]

Tiedonsiirtona ohjelma tukee IFC 2x3 -formaattia. Kirjoitettaessa IFC-muotoista formaattia Vertex BD -ohjelmasta ulospäin ohjelma tekee valituista rakennusosista BIM-objekteja. Nämä voivat olla seinä, lattia, katto, laatta, erilaisia profiileja (pilari, palkki), ovia, ikkunoita, putkikomponentteja tai mallin sisältäviä huonekaluja. Toiseen tutkittavaan Tekla Structures -ohjelmaan siirrettäessä Vertex BD:stä IFC-formaatissa rakennosia BIM-objekteina ne siirtyvät Tekla Structures -ohjelmaan referenssi-tietoina joihin ohjelman import-ominaisuudesta. Tietoa siirrettäessä Vertex BD -ohjelmaan siirtyy IFC-formaatissa data referenssi-muotoon ja tähän liittyvät ominaisuudet ohjelma muuntaa rakennusosan attribuutti-tietoihin. [3. 45.]

Vertex BD -ohjelmassa on mahdollista export-ominaisuudella kirjoittaa IFC- ja Staad pro -formaattia. Näistä pelkästään IFC-formaatti on sellainen, mitä tutkimuksen toinen tietomallinnusohjelma Tekla Structures voi lukea referenssimuotoon. Tästä syystä Vertex BD -ohjelmasta export-mahdollisuutena Tekla Structures -ohjelman yhteydessä on järkevä käyttää pelkästään IFC-tiedoston kirjoitusominaisuutta. Import-ominaisuus Vertex BD -ohjelmassa tuo IFC-formaattisen tiedoston mallin referenssimuodossa.

6 Lean-ajattelu projektin läpiviennissä

Toimintatavan ja kulttuurin muuttaminen yrityksen sisällä on paljon vaikeampaa kuin yrityksen strategisen suunnan muuttaminen. Yritykselle ja sen toiminnan jatkuvuudelle sekä positiivisen tuloksen saavuttamiselle on elintärkeää jatkuva kehittäminen ja oikeiden toimintojen maksimointi. Yrityksen tulisi pyrkiä poistamaan turhan ja asiakkaan kannalta hyödyttömän työn tekeminen projektin läpiviemiseksi suunnitellussa aikataulussa ja suunnitelluin resurssein. Tärkeää on myös tunnistaa asiakkaan tarpeet ja optimoida sekä vakiinnuttaa toimintatavat näiden perusasioiden tyydyttämiseksi. Yrityksen toimintoja voidaan tehostaa monista eri lähtökohdista. Tässä työssä keskitytään lean-ajattelumalliin, jossa on lähtökohtana tässä luvussa esitetyt ajatukset. Lean-filosofia on tilaajayrityksen strategian mukainen ja suunnittelutyö sekä prosessien läpivieminen tämä ajatuksen mukaisesti on kehitystyön alaisuudessa. [26. 42.]

6.1 Lean-ajattelun perusajatus

Lean-ajattelu on alun perin peräisin Japanista, toisen maailmansodan jälkeiseltä ajalta, missä se kehitettiin ensimmäisenä Toyota Motor Companyn autotehtaan tuottavuuden ja laadun parantamiseksi. Tuolloin vallitsi resurssipula, joten oli tarve eliminoida tarpeettomat elementit tuotantoketjusta (Toyota Product System, TPS) tavoitteena vähentää kustannuksia. Tästä onkin lean-filosofia saanut pääajatuksensa: Kaikki toiminnat, mitkä eivät tuota lisäarvoa tuotteelle, ovat asiakkaan näkökulmasta hukkaa. Hukkana Toyota Motor Companyssä pidettiin tuolloin ylituotantoa, odottamista, turhia kuljetuksia ja siirtoja, väärää tai yliprosessointia, ylisuuria varastoja, turhia liikkeitä, virheitä ja luovuuden jättämistä pois ajattelusta. Näistä peruspilareista on rakennusosalalle sovellettavissa suurin osa aivan suoranaisesti. [26.]

Organisaation toiminnoille on lean-filosofiassa nimetty kolme kategoriaa, jotka ovat arvoa tuottava, arvoa tuottamaton mutta välttämätön ja arvoa tuottamaton toiminto. Arvoa tuottavaa ja arvoa tuottamatonta mutta välttämätöntä toimintoa optimoimalla parhaalla mahdollisella tavalla sekä minimoimalla arvoa tuottamaton toiminto yritys pystyy parantamaan tuotanto- ja toimintatapojaan lisäten arvoa tuotteelleen asiakkaan näkökulmasta. [26.]

Yrityksen on myös tämän ajattelumallin mukaan luotava mahdollisuus ja halu jatkuvaan oppimisprosessiin. Henkilöstöä tulisi motivoida omien ideoiden esilletuomiseksi ja jo omaavan tiedon jakamiseen. Virheitä havaittaessa ei tulisi etsiä syyllisiä niihin, vaan varmistaa, että virheitä ei pääse tapahtumaan uudestaan. Tämä on yksi tärkeä askel jatkuvan oppimisen tiellä. Yksittäisiä työntekijöitä tulisi myös kannustaa toimimaan ja miettimään, miten hän voisi tehostaa työpanostaan koko organisaation tukemiseksi. Leanissä avain asemassa on henkilöstön toiminnan kehittäminen sekä organisaatiossa olevien kaikkien henkilöiden yhteinen aito halu jatkuvaan toiminnan parantamiseen. [26.]

Tuottavuuden parantamiseen johtaa yhtenäinen standardoitu prosessi. Tässä työssä luotu prosessikuvaus esittää puurakenteiden rakennesuunnitteluprojektin etenemisen huomioon ottaen lean-ajatusmallin ja pyrkien toteuttamaan sitä parhaalla mahdollisella tavalla projektin läpiviennissä. [26.]

6.2 Lean-ajattelu rakentamisessa

Hyvien kokemusten perusteella autoteollisuudesta lean-ajattelua on pyritty levittämään laajemmalle teollisuuden sektorille, johon lukeutuu myös rakennusteollisuus. Lean-ajattelun soveltuvuudesta rakennusalaan on tehty lukuisia tutkimuksia ja ajatusmallin vakiinnuttamiseksi on perustettu monia organisaatioita. Lean Construction Institute on luotu tutkimaan, kehittämään ja soveltamaan lean-ajattelua rakennusteollisuudessa. Alkuvaiheessa yhteisössä ovat olleet mukana kaikki Asunto-, toimitila- ja rakennuttajaliiton sekä Rakennusteollisuus ry:n jäsenet. [26. 42.]

Lean-filosofiaa suunnitteluprosessiin sovellettaessa tulee ottaa huomioon erityisesti jatkuva kehittyminen niin henkilökohtaisella tasolla, kun projektiryhmän kehittyminen ongelmatilanteista ja vastoinkäymisistä oppimalla. Tämä ei ole yksinkertaista ja vaatii suunnitteluryhmältä pitkäjänteistä työtä. Projekteja ei tulisi kuopata epäonnistuneiksi, jos niistä saatu tulos ei miellytä taloudellisesti, vaan nämä projektit tulisi hyväksyä osaksi oppimisprosessiksi ja näin niistäkin saavutetuksi osaamiseksi. Näistä projekteista tulisi jälkikäteen osata karsia onnistumiset ja epäonnistumiset. Tähän tulisi kiinnittää huomiota tulevaisuuden projekteissa. [26.]

Suuressa suunnittelutoimistossa osa lean-filosofian periaatteista tulee lähes automaattisesti osaksi prosessia, sillä tähän ohjaa normaali positiivisen tuloksenhakuisuus. Jatkuva oppiminen tulee suunnittelutoimistossa kuvaan myös tiedon jakamisessa eri suunnitteluryhmien kesken. Tätä voidaan parantaa esimerkiksi projektien onnistumisien ja epäonnistuneiden kohtien esiin tuomisella ja dokumentoinnilla yrityksen sisällä. Näin oppimisprosessia voidaan laajentaa suuremmalle joukolle suunnittelijoita.

Rakennesuunnitteluprojekteissa lean-ajatusta tukisi se, että koko projektiryhmä olisi tietoinen suunnitteluajataulusta ja sen etenemisestä parhaalla mahdollisella tavalla sekä suunnittelurajapinnoista, eli siitä mitä kuuluu kenellekin suunnittelijalle. Suunnitteluajataulu olisi tärkeä luoda mahdollisimman tarkaksi siten, että aikataulu olisi tiedossa jopa päivän tarkkuudella. Näin säästyttäisiin ylimääräiseltä turhalta ja päällekkäiseltä suunnittelutyöltä, jota pidetään asiakkaan ja palvelua tuottavan toimijan puolelta hukana. [42.]

6.2.1 Allianssiurakka – yhteisurakka

Allianssiurakka on Suomessa melko uusi urakkamuoto. Ensimmäinen allianssiurakka toteutettiin Liikenneviraston toimesta vuosina 2010 ja 2011. Projekti oli Lielähti-Kokemäki välisen ratayhteyden perusparannus. Tämän jälkeen allianssiurakoita on solmittu enenevässä määrin. Alkuperäisesti allianssiurakkamuoto on peräisin Australiasta, missä se kehitettiin kasvaneen reklamaatiokäyttäjien johdosta. Ensimmäiset allianssiurakat toteutettiin Australiassa vuosina 1994-1996. [29. 42.]

Allianssi on laina sana englannin kielestä ja tarkoittaa liittoa, liittoutumaa tai sidettä. Nämä sanat kuvaavat hyvin allianssiurakkaa, sillä se on hankemuoto, jossa kaikki projektin osapuolet, mukaan lukien tuotannosta vastaavat henkilöt, muodostavat yhteisen sopimuksen projektin toteuttamiseksi jo varhaisessa vaiheessa. Allianssiprojektissa riskit ja tuoton jaetaan kaikkien osapuolien kanssa tasan. Tämä muodostaa kaikille projektin osapuolille yhteisen intressin; Projektin onnistunut läpivienti tilaajan painottamalla arvoilla. Tilaaja luo nämä arvot ja niiden arvojen saavuttamisesta tai ylittämisestä palkitaan projektiin osallistuneita osapuolia bonuksella. Tilanteessa, missä näihin arvoihin ei päästä, projektin kaikki osapuolet osallistuvat epäonnistuneen projektin kustannuksien maksamiseen tilaajalle. Tämä ohjaa projektin osapuolet markkinalainalaisuuksia hyväksikäyttäen lean-ajattelun perusperiaatteiden noudattamiseen ja toteutta-

miseen. Lean-filosofiassa tätä projektimuotoa kutsutaan integroiduksi projektiksi. [29. 42.]

Integroidussa projektissa on tärkeää, että kaikki projektin osapuolet ymmärtävät ja kehittävät toimintaansa lean-periaatteiden mukaisesti. Projektin päätökset tehdään yhteisesti projektiryhmien kokouksissa ottaen huomioon kaikkien osapuolten ajatukset ja toiveet, sillä tämä on kaikkien intressi projektin onnistuneeseen läpivientiin. Tällä tavalla koko projektiryhmän toiminta johtaa yhteistä tavoitetta kohti kehittämällä tarvittaessa uusia innovaatioita ja pitämällä asiakkaan lopputuotteen arvo ja laatu etusijalla koko hankkeen ajan. [29. 42.]

6.2.2 Kokonaisurakka

Kokonaisurakka on urakka, missä tuotannon toteuttaja tulee projektiin mukaan myöhäisemmässä vaiheessa kuin allianssiprojektissa. Pääurakoitsija kilpailutetaan vasta, kun suunnittelijat ovat suunnitelleet alustavan rakennusosamallin urakkatarjouksia varten. Tämä vähentää ja käytännössä poistaa pääurakoitsijan vaikutusmahdollisuuden rakenneratkaisuihin ja heidän tiedon, kokemuksen sekä osaamisen jakamiseen. Koko rakennemallin tuotannon taloudellisuus perspektiivi jää näin ollen rakennesuunnittelijan kokemuksen ja suunnitteluprojektiryhmän osaamisen kontolle. [28.]

Suunnittelun kokonaisurakka eroaa allianssiurakasta siinä, että urakansopijaosapuolet eivät toimi projektiryhmänä vaan suorittavat itsenäisesti sopimuksessa sovitut työt. Korvauksen he saavat suorittamastaan työstä sopimuksessa sovitun ehdoin eivätkä ole velvollisia muiden suunnittelijoiden virheistä tai viivästyksistä. Tässä urakkamuodossa ei toteudu lean-ajatus siinä mittakaavassa kuin integroidussa allianssiurakkamuodossa. [28.]

Tässä urakkamuodossa lean-ajattelu perustuu pelkästään projektissa olevien erillisten yritysten sisäiseen toimintamalliin. Tämä ei tue lean-ajattelua kokonaisuuden näkökulmasta, joka on tärkeä elementti lean-ajattelussa. Toki voidaan ajatella, että tässä urakkamuodossa asiakassuhde muuttuu siten, että lopputuote ei ole tilaaja, niin kuin se on allianssiurakassa, vaan pääurakoitsija. Tällä ajattelumallilla lean-ajatusta voidaan soveltaa rajoitetusti kokonaisurakkahankkeisiin.

7 Tietomallinnusprosessi eri suunnittelun vaiheissa

Tässä luvussa listataan historiassa tietomallinnettuja puurakenteisia projekteja eri suunnitteluvaiheissa insinööriyössä tutkittavilla Tekla Structures ja Vertex BD -ohjelmilla. Toisessa aliotsikossa esitellään mallinnusprosessi puurakenteisissa hankkeissa Lean Construction -ajatusta ja yleisiä tietomallivaatimuksia noudattaen. Lähtökohtana tässä on, että suunnittelusopimus sisältää rakennesuunnittelun sekä tuoteosa-suunnittelun puurakennesuunnitteluprojekteissa.

7.1 Tietomallinnusprosessi tällä hetkellä tilaaja yrityksessä

Puurakenteisien hankkeiden tietomallinnus on yrityksessä melko tuore ja huomioitava asia. Tämä on huomattavissa myös valtakunnallisesti siinä, että puurakenteisen projektien tietomallinnusta on suoritettu lähinnä yritysten referenssi-kohteissa eikä näistä ole laajempaa kokemusta. Puurakenteisien hankkeiden tietomallinnus on paljon työkalujen, osaamisen, yleisten käytäntöjen ja ohjeistuksien kannalta perässä betonirakenteisista hankkeiden tietomallinnustasosta. [1. 37.]

Yrityksessä on käytetty puurakenteisten hankkeiden tietomallintamiseen pelkästään kahta suunnitteluohjelmistoa Tekla Structures:a ja Vertex BD:tä. Näitä ohjelmia on käytetty lähinnä pelkästään erillisesti, eikä molempia ole saman projektin suunnitteluun yhdistetty. Yhden projektin läpiviennissä on yrityksessä kokeiluluontoisesti suoritettu ohjelmien yhdistämistä samaan projektiin ja tiedonsiirtoa suoritettu näiden välillä. Tässä tapauksessa puurankaelementtiseinä mallinnettiin Vertex BD -ohjelmalla, jonka alle mallinnettiin betonista valmistettava kellarirakenne Tekla Structures -ohjelmalla. Tämä koettiin hankalaksi ja ongelmia esiintyi erityisesti koordinaatiston kanssa. Tämä johtuu siitä, että ohjelmistoissa on hiukan eriävä koordinaatistokäsitys ja saattaa aiheuttaa eriäväisyyksiä mallien yhdistämisvaiheessa. Tekla Structures -ohjelmassa koordinaatisto on ikään kuin kolmiulotteinen ja koordinaatistoon kuuluu korkoaseman esittävä z-akseli. Vertex BD -ohjelmassa korkoaseman z-koordinaatti ei ole esitetty samantapaisesti ja sitä ei aseteta koordinaatiston yhteydessä, vaan se määräytyy projektin korkeusasetuksista, joissa luodaan rakennuksen kerroslukumäärä ja kerroskorkeus. Tämä on huomioitava tiedonsiirrossa ohjelmien kesken. Tärkeää on myös huomioida perusasia tietomallintamisessa yleensä, että origon asema otetaan heti projektin alussa huomioon ja rakennuksen mallinnus aloitetaan oikeasta koordinaatista ja korosta. Näin

toimissa välttään ongelmatilanteilta jatkossa, kun tietoa siirretään ohjelmien välillä. [38.]

Ohjelmien käyttö projekteihin on yrityksessä jakautunut pääsääntöisesti, lukuun ottamatta Espoon toimipisteellä Tekla Structures -ohjelmalla tietomallinnettua liimapuurunkoratkaisuprojekteja, maantieteellisesti. Tampereen toimipisteessä on puurakenteisiin hankkeisiin suunnitelmat tehty Tekla Structures -ohjelmalla ja Espoon toimipisteessä hankkeiden tietomallipohjainen suunnittelu on toteutettu käyttäen Vertex BD -ohjelmistoa. Tämä on seurausta siitä, että Espoon puurakenteiset projektit ovat lähes kaikki olleet Stora Enson tehtaan valmisosavalmisteisia ja suunnitelmat tulee näihin projekteihin olla heidän yrityksen tuotelinjastostrategian mukaan suunniteltu Vertex BD -formaattissa. Historiassa on Espoon toimipisteessä myös käytetty Tekla Structures -ohjelmaa tietomallintamiseen muutamassa puurakenteisessa hankkeessa. Näistä hankkeista on hyviä käyttökokemuksia. Seuraavassa käydään läpi suunnitteluvaiheittain, miten näitä ohjelmia on käytetty tilaajayrityksessä puurakenteisien hankkeiden tietomallinnuksessa. [6. 38.]

7.1.1 Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnitelmien mallintaminen riippuu tilaajan halusta saada tietomalli eri rakenne ja runkovaihtoehtoista. Tässä suunnittelun vaiheessa tehdyistä tietomalleista tilaaja voi tehdä materiaaliluetteloita, suorittaa energialaskelmia ja vertailla eri vaihtoehtojen kustannuksia. [1. 2.]

Ehdotussuunnitteluvaiheessa ei yrityksessä ole puurakenteisia hankkeita tietomallinnettu kummallakaan tutkittavalla ohjelmistolla. Suunnitelmat ovat tehty tässä suunnittelun vaiheessa CAD-pohjaisina 2D-suunnitelmina. [38.]

7.1.2 Yleissuunnittelu

Vertex BD -ohjelmalla ei ole yleissuunnitteluvaiheessa suunniteltu ainuttakaan projektia. Ohjelmalla suunnitelluissa projekteissa tuoteosavalmistaja Stora Enso on suorittanut yleissuunnitteluun kuuluvan rakennesuunnittelun ja koska nämä projektit ovat ainoat, joita tällä ohjelmistolla on mallinnettu ja suunniteltu, ei tietomallinnusta ole tehty yrityksessä tässä suunnittelun vaiheessa. [38.]

Tekla Structures -ohjelmalla on mallinnettu useita puurakenteisia hankkeita yleissuunnitteluvaiheessa. Näitä on suunniteltu Espoon sekä Tampereen toimipisteissä. Tampereen toimipisteessä Tekla Structures -ohjelma on ollut ainut käytössä oleva tietomallinnusohjelmisto puurakenteisten hankkeiden suunnittelussa. Tekla Structures -ohjelmaan on näissä projekteissa ohjelmoitu projektikohtaisia katto-, välipohja-, pilari-, palkki-, liitosteräs- ja liitostyökalukomponentteja, joilla mallinnus on toteutettu. Projektikohtaisia komponentteja on luotu myös Espoon toimipisteessä tietomallinnettuun projektiin, missä mallinnettiin rakennesuunnittelun vaativat rakenteet sekä elementtisuunnitelmat Tekla Structures -ohjelmaa hyväksikäyttäen.

Projektikohtaiset komponentit ovat koettu olevan hyvin hyödyllisiä ja niiden ohjelmointiin käytetty aika on saavutettu tietomallia suunnitellessa takaisin. Komponentit ovat olleet käyttökelpoisia ja helpottaneet suuresti projektin mallintamista. Ongelmana näissä on ollut se, että ohjelmaversion vaihtuessa komponentit eivät ole enää toimineet. Tällaisessa tapauksessa komponentit on jouduttu päivittämään, jonka jälkeen ne ovat taas toimineet normaalisti. [43.]

7.1.3 Hankintoja palveleva suunnittelu

Hankintoja palvelevaa suunnittelua ei ole A-insinööreillä suoritettu Vertex BD -ohjelmalla, koska kaikki projektit, jotka on mallinnettu tällä ohjelmalla, ovat olleet tuoteosavalmistaja Stora Enson elementeistä valmistettavia ja yritys on ollut projektin alusta asti mukana. Näin ollen tuoteosien valmistuskilpailutusta ei ole suoritettu, eikä hankintoja palvelevaa suunnittelua ole tarvinnut suorittaa. [38.]

Tekla Structures -ohjelmalla hankintoja palvelevaa suunnittelua ja tietomallinnusta on suoritettu tilaaja yrityksessä puurakenneprojektissa. Tätä tietomallipohjaista suunnittelua on suoritettu Tampereen ja Espoon toimipisteen puurakenneprojekteissa. [43.]

7.1.4 Toteutussuunnittelu

Vertex BD -ohjelmalla mallinnettuja puurakenteisia projekteja on ollut vain toteutussuunnitteluvaiheessa ja suunnittelutyö on sisältänyt pelkästään elementtisuunnittelun. Stora Enso on suorittanut rakennesuunnittelun itse näissä projekteissa. Ohjelmaan on ollut käytössä Vertex Oy:n toimesta tätä suunnittelua varten laajennus, joka on tuonut

ohjelmaan Stora Enson elementtityökaluja ja suunnittelua on toteutettu Stora Ensolta saaduista detaljikirjastoista mukaisesti. Nämä työkalut ohjelmassa on mahdollistanut mallintamisen Stora Enson valmistamia elementtejä käyttäen siten, että ne ovat yhteneväiset heidän valmistamiin elementteihin ollen kustannus- ja tuotantotehokkaita. Näiden ohjelmaan lisättyjen työkalujen on koettu toimivat moitteettomasti. [38.]

Lähtötietona elementtisuunnitteluun on saatu Stora Ensolta Vertex BD -formaattissa oleva tietomalli, johon on suunniteltu elementit sisältäen geometrian yhtenäisenä rakenteena. Lähtötietona on ollut myös detaljikirjasto, joka vakioi käytettävät liitokset Stora Enson valmisosaprojekteissa. TATE-suunnittelijalta saatavat lähtötiedot elementtisuunnitteluun sisältävät näissä projekteissa 2D-pohjaiset LVI-sijoituskuvat ja IFC-formaatissa olevan LVI-putkimallin. Näissä puuelementtisuunnitteluprojekteissa Vertex BD -ohjelmalla ei saada elementteihin tehtyä reikiä suoraan TATE-suunnittelijan IFC-tiedoston sisältämisestä LVI-putkimallista. Tekla Structures -ohjelmalla tämä onnistuu suoraan rakennemalliin IFC-muodossa tuodulla TATE:n reikä-tiedoston sisältämällä reikävarauksella elementtejä leikkaamalla. Vertex BD -ohjelmassa reiät joudutaan tekemään yksittäin rakenteisiin tarkistamalla ensin niiden sijainnin TATE:n 2D-kuvista. TATE:n IFC-tiedostosta, joka sisältää LVI-putkimallin, saatava hyöty on, että referenssinä käsiteltävänä Vertex BD -mallissa sillä saadaan tarkastettua tehtyjen reikien oikea sijaintiasema tietomallissa. [38.]

Tekla Structures -ohjelmalla mallinnettuja puurakenteisia projekteja on suunniteltu Tampereen sekä Espoon toimipisteissä useita. Näihin kohteisiin on tehty A-insinöörien toimesta yhteistyönä tuoteosavalmistajan kanssa ohjelmaan omia komponentteja kattoelementtien, välipohjien, pilarien, palkkien sekä erilaisten liitosten mallintamisen nopeuttamiseksi. Espoon toimipisteellä tässä suunnittelun vaiheessa on tietomallinnettu projekteja, joissa on Tekla Structures -ohjelmalla suunniteltu lähinnä liimapuurakenteisten elementtien toteutuskuvia. Betonirunkoisia projekteja, joissa on ollut kantavanrungon rakenteena liimapuupalkkeja, on myös mallinnettu Tekla Structures -ohjelmalla. Tällaisissa projekteissa on perusteltua käyttää suunnittelun mallintamiseen pelkästään Tekla Structures -ohjelmaa. Sillä Tekla Structures -ohjelma on tehokas suunnittelun apuväline myös puurakenteissa, jos rakenteet ovat yksinkertaisia eivätkä sisällä useita alikokoonpanoja. [43.]

7.2 Tietomallinnusprosessi YTV:n ja Lean Construction -ajatuksen pohjalta

Tässä luvussa esitellään, miten rakennesuunnitteluprosessi etenee puurakenteiden suunnitteluhankkeessa sisältäen informaation Yleisten tietomallivaatimusten vaatimuksista ja ottaen prosessissa huomioon Lean Construction -tuotanto periaatteen. Tämän tarkoituksena on parantaa suunnitteluprosessia optimoiden hukan työmäärässä samalla varmistaen suunnitteluprosessin vaatimusten mukaisuuden sekä pitäen tilaajan parhaalla mahdollisella tavalla tyytyväisenä lopputuotteeseen.

7.2.1 Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnitteluvaiheessa rakennesuunnittelijalla ei ole yleisten tietomallivaatimusten perusteella vaatimusta mallintaa rakennusta, vaan pelkästään suorittaa arvio arkkitehdin suunnitelmien toteutuskelpoisuudesta. Arkkitehti mallintaa ehdotussuunnitteluvaiheessa tilamallin kolmiulotteisina tilaobjekteina lähtötietoina tilaajan konsultointi, alustava tilaohjelma, energialuokkatavoitteet ja ulkovaipan rakenteiden U-arvot. Projekti-kohtaisesti voidaan sopia, että rakennesuunnittelija mallintaa ehdotusvaihtoehtoja esimerkiksi kustannuslaskentaa varten. Rakennesuunnittelijan tietomallinnustarkkuus, jos on sovittu, että rakennesuunnittelija mallintaa eri vaihtoehtoja kustannusten selvittämiseksi, on sama kuin yleissuunnitteluvaiheessa. Rakennesuunnittelijan mallintaessa kustannuslaskentaa varten rakenneratkaisuja tulee ennen tätä suorittaa yhteensovitus-testi arkkitehdin tilamallin kanssa. Näin vältetään ongelmatilanteista jatkossa, kun rakennesuunnittelija jatkaa suunnittelua ehdotussuunnittelun perusteella mallinnettua tietomallia. Ilman tässä kohtaa suoritettua yhteensovitusta asia saattaa unohtua helposti jälkeenpäin. Perusajatus on, että ennen mallinnuksen aloittamista tulee yhteensovituksen tapahtua. Yhteensovitus tapahtuu IFC-tiedosto muodossa arkkitehtimalliin. [1. 2.]

Tässä projektin vaiheessa suurin hyöty olisi sillä, että arkkitehti mallintaisi tilamallinsa Yleiset tietomallivaatimukset 2012 -mukaisesti. Tämä asia tulisi ottaa esille viimeistään yhteensovitustestissä. Näin saataisiin projekti etenemään kaikkien osapuolten kanssa yhtenäisesti ja tietomallinnustapa olisi sama ja kaikilla tiedossa. [1. 32.]

Projektin sujuvan etenemisen kannalta olisi tärkeää, että TATE-suunnittelija mallintaisi mahdollisimman aikaisessa vaiheessa tilavarausmallin arkkitehdin tilamallin perusteella. TATE-suunnitelmien muutosten hallinta on hyvin vaikeaa niiden mallintamiseen ver-

rattuna. Tilavarausmalli pitää sisällään TATE:n arvion tarvittavasta tilantarpeesta ja arvion tilojen sijoitusalueesta Yleisten tietomallivaatimuksien 2012 mukaisesti. Näin pienennetään rakennesuunnittelijan muutosmäärää ja päällekkäistä työtä, mikäli hän mallintaa laskentaan vaihtoehtoja. [1. 33.]

7.2.2 Yleissuunnittelu

Tässä vaiheessa rakennusprojektia aloitetaan normaalisti tietomallin luominen rakennesuunnittelijan toimesta, mikäli ei ole jo mallinnettu arkkitehdin tilamallin perusteella vaihtoehtoja kustannuslaskentaan. Ehdotussuunnittelun toteutukseen valittu rakenne-tietomalli vastaa yleissuunnittelun tietomallia, jos mallinnusta on suoritettu siinä vaiheessa. Yleisesti yleissuunnitteluvaiheessa ehdotussuunnitelma kehitetään toteuttamiskelpoiseksi suunnitelmaksi. [1. 2.]

Yleissuunnitteluvaiheessa rakennesuunnittelijan suunnitteleman tietomallin tulee sisältää yleisien tietomallinnusvaatimuksien 2012 osan 6 liitteessä 1 esitetyt rakennusosat ja niissä ilmoitetut tietomallinnustarkkuudet. Rakenteet tulee olla suunniteltu ja tietomallinnettu vähintään yhtenäisenä rakenteena ilman elementtijakoa. Elementteihin jako tapahtuu seuraavassa suunnitteluvaiheessa, mikä on hankintoja palveleva suunnitteluvaihe. Kuvassa 5 on esitetty mallinnustarkkuus tässä suunnittelun vaiheessa teräsbetonirakenteisessa porraskuilussa. Puurakenteisissa rakenneratkaisuissa tämä vastaa tarkkuustasoltaan samaa mallinnustarkkuutta, missä kantavat rakenteet on mallinnettu aukotukset huomioon ottaen yhtenäisinä rakenteina. [1. 2.]



Kuva 5. Yleissuunnitteluvaiheen mallinnustarkkuus [2.]

Ennen tietomallintamisen aloitusta tarkistetaan eri suunnittualojen välillä koordinaatiston ja korkojen yhteneväisyydet yhteensovitustestissä, jos ehdotusvaiheessa tätä ei ole tarkastettu. Tärkeää on myös viimeistään tässä kohtaa tarkastaa, että eri suunnittualojen käytössä olevat ohjelmistot tukevat samaa IFC-formaattia tiedonsiirrossa ja näin ollen yhteensovitus ja tiedonsiirto ovat suoritettavissa ongelmitta. Yhteensovitus tapahtuu niin, että jokainen eri suunnittelualan suunnittelija mallintaa käytössä olevalla ohjelmallaan muutaman rakennusosan tietomalliinsa ja konvertoi sen ohjelman tukevaan IFC-formaattiin. Tämän jälkeen yhdistetään jokaisen suunnittelualan IFC-tiedosto ja tarkistetaan, että koordinaatisto ja korot ovat kaikilla suunnittelijoilla yhtenäiset. Näin tulee tarkistettua myös se, että ohjelmien IFC-formaatin päivitysmuoto on sama projektissa käytetyissä ohjelmissa. Jos projektin aikana siirrytään käyttämään ohjelman päivitettyä versiota, tulee tarkastaa, että ohjelman kirjoittama tiedonsiirtoformaatti pysyy samana. [1. 2.]

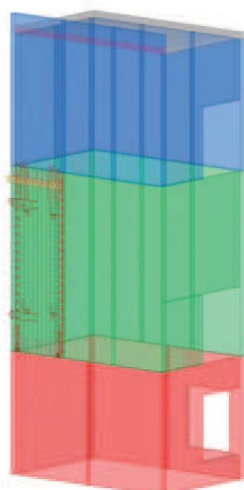
Tässä suunnittelun vaiheessa arkkitehti aloittaa rakennusosamallin suunnittelun GEO-suunnittelijan antamien maaperätietojen, tilamallin ja yleisten tietomallivaatimuksien 2012 osan 3 mukaisesti inventointimalli huomioiden. Arkkitehdin yleissuunnitelma voi pitää sisällään erilaisia vaihtoehtoja tilaratkaisuista, joilla saattaa olla rakennesuunnittelijalle vaikutusta esimerkiksi eri tilojen rakenteiden palo- tai äänieristävyysvaatimuksissa. Arkkitehti välittää rakennesuunnittelijalle IFC-tiedoston rakennusosamallista jota rakennesuunnittelija pitää yhtenä lähtötietona suunnitellessaan vaatimuksien mukaiset kantavat rakenteet alustavaan rakennemalliin käytössä olevalla ohjelmistollaan. On

rakennesuunnittelijan vastuulla laatia tietomalliselostus ja suorittaa laadunvarmistus suunnittelemaansa rakennemallista. Erityisen tärkeään rooliin tietomalliselostus nousee, mikäli rakennusosia joudutaan mallintamaan eri työkalulla, mihin ne ovat tarkoitettu. Tietomalliselostuksesta tulisi myös ilmetä rakennusosien suunnittelun valmiusaste. Tässä vaiheessa tutkitaan myös periaatteellisesti TATE-suunnittelijan kanssa talotekniikan sopiminen kantavien rakenneosien joukkoon. [1. 2. 32. 33.]

Projektin onnistumisasteen kannalta on tärkeää pyrkiä mahdollisimman suureen tiedonsiirtoon eri suunnittelualojen kanssa. Tämä tarkoittaa sitä, että on pyrittävä mahdollisimman tiuhaan tapahtuvaan mallien vertailu- ja tarkastusjaksoihin. Projektipankkiin, tai jos on käytössä yhteinen serveri, tietomallin talletus tulisi tapahtua sinne mahdollisimman usein. Tästä tietomallin tallennusajanjaksosta on sovittu yleensä suunnittelukokouksessa, mutta tämän suhteen tulisi projektin osapuolten olla aktiivisia ja tarvittaessa tihentää aikaväliä viimeistään tässä kohtaa projektia.

7.2.3 Hankintoja palveleva suunnittelu

Hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa yleissuunnitelmia kehitetään ja tarkennetaan siinä määrin, että tietomallista saadaan erityyppisten elementtien lukumäärä tyyppielementtikuvien lisäksi tarjouskilpailua varten elementtien valmistajille. Elementointi suoritetaan ja liitokset sekä detaljit luodaan täysin valmiiksi mallielementteihin. Mallielementti luodaan valmiiksi tietomalliin jokaisesta eri rakennusosasta. Kuvassa 6 on esitetty mallinnustarkkuus tässä suunnittelun vaiheessa teräsbetonirakenteisessa porraskuilussa. Yleisissä tietomallinnusvaatimuksissa 2012 ei ole erikseen puurakenteisiin rakenteisiin mallinnustarkkuutta ilmoitettu, mutta tarkkuus on verrattavissa kuvan 6 tarkkuuteen. Puurakenteisessa projektissa tämä vastaa sitä, että yhden elementin kohdalta tehdään elementti lopulliseen muotoonsa varusteluineen ja detaljeineen. Loput rakennuksen elementit vastaavat pelkästään geometrialtaan valmiita elementtejä. [1. 2.]



Kuva 6. Hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa mallinnustarkkuus [2.]

7.2.4 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheessa rakennesuunnittelijan suunnitteleman tietomallin tulee sisältää Yleisien tietomallivaatimuksien 2012 liitteessä 1 esitetyt rakennusosat. Tietomallia tulee voida käyttää määrälaskentaan, eri suunnittelualojen suunnitelmien yhteensovittamiseen sekä toteutusaikataulun luomiseen. Rakenteiden, elementtien ja eri kokoonpanojen tulee olla suunniteltu ja mallinnettu siihen tarkkuuteen, kuin ne mallielementeissä ovat. Tässä vaiheessa projektia viimeistään huomataan, mikäli projektin aikana ei ole suoritettu tarpeeksi yhdistelmämallitarkastuksia, sillä kun elementit ovat mallielementtitasolle varusteltu, niiden muokkaaminen ja esimerkiksi reikätietojen päivittäminen on hyvin raskas toimenpide. Kuvassa 7 on esitetty suunnittelun tarkkuus tässä suunnittelun vaiheessa teräsbetonirakenteisessa porraskuilussa. Puurakenteisissa rakenteissa tämä vastaa sitä, että kaikki elementit varustellaan täysin valmiiksi mallielementin varustelutasoa vastaavaksi. [1. 2.]



Kuva 7. Toteutusvaiheessa mallinnustarkkuus [2.]

Kaikkien suunnittelualojen malleista tulee tehdä yhdistelmämalli, jolla tarkastetaan suunnitelmien yhteensopivuus. Näihin kuuluvat TATE-suunnittelijan järjestelmien törmäystarkastelut, tilaa vaativien järjestelmien tilavarauksien tarkastaminen sekä reikä- ja varaussuunnittelu. Seuraavassa kappaleessa on esitelty yksityiskohtaisesti reikävaraussuunnittelun etenemisprosessi tietomallinnushankkeessa. [1. 2. 33.]

Rakennesuunnittelija konvertoi IFC-muotoon varaussuunnittelua varten alustavan rakennemallin, minkä perusteella TATE-suunnittelija suunnittelee LVI-tekniikan todelliset rakenneratkaisut ja sen vaatimat läpiviennit rakenteissa. Tämän alustavan rakennemallin tulee olla kerroskohtainen ja tulee sisältää yläpuolisen laataston rakenteet sekä siihen liittyvät kantavat seinärakenteet. TATE-suunnittelija konvertoi suunnittelemansa tietomallin IFC-formaattiin, josta rakennesuunnittelija saa reikävaraustiedot rakenteisiin. TATE:n IFC-tiedostosta tulee selvittää, kenen tekemästä reikävarauksesta on milloinkin kyse. Näin toimiessa tämä helpottaa suuresti rakennesuunnittelijan työtä. Rakennesuunnittelija tekee mahdollisuuksien mukaan reikävarauksen osoittamat reiät rakenteisiin ja mikäli reikävarauksien osoittamaan paikkaan ei rakenteellisista syistä voi tehdä reikää, tulee rakennesuunnittelijan ilmoittaa tästä TATE-suunnittelijalle, jolloin TATE-suunnittelija pyrkii siirtämään reiän rakennesuunnittelijan kanssa yhteistyössä sellaiseen paikkaan, missä sen on rakenteellisesti mahdollista sijaita. Näin varmistutaan siitä, että TATE-suunnittelijan tilaa vaativat ratkaisut mahtuvat rakenteiden sekaan ongelmitta asennettaviksi, eikä työmaalla urakoitsijoiden tarvitse tehdä reikiä läpivienneille. Muutoskierroksella TATE:n tulisi muuttaa reikävaraustiedot, eikä tehdä sen tilalle

uutta objektia. Näin rakennesuunnittelija huomaa muuttuneen reikävarauksen helposti, eikä tulkitse sitä uudeksi läpivienniksi. Tärkeää olisi, turhan ja tuottamattoman työn minimoimiseksi, heti ongelma tilanteen tullen käydä TATE-suunnittelijan kanssa kaikki eri tilanteet läpi jos mahdollista ja varmistua siitä, että reikä tiedostoja ei tarvitse montaa kertaa toimittaa TATE- ja rakennesuunnittelijan välillä. [2. 33.]

Hyvin tärkeää on, että jokaisesta tietomallinnusvaiheesta kirjataan poikkeavaisuudet yleisiin tietomallivaatimuksiin nähdessä tietomalliselostukseen, ja tämä tekstipohjainen tiedosto tulisi julkaista aina tietomallin IFC-tiedoston julkaisun yhteydessä. [1. 2.]

8 Haastattelut

8.1 Tekla Structures -ohjelmaa käyttävät

Tekla Structures -ohjelmalla suunnittelevien haastattelut toteutettiin sähköpostilla välittelyllä kyselyllä, johon vastaukset kirjattiin. Tämä siitä syystä, että Espoon toimistolla ei Tekla Structures -ohjelmalla puurakenteita suunnittelevia suunnittelijoita ollut insinööriä tehtävänsä ainuttakaan, eikä tästä syystä ja ajanpuutteen takia haastatteluja voitu toteuttaa yhteistapaamisella. Tekla Structures -ohjelmaa puurakenteiden suunnitteluun hyödyntäviä henkilöitä haastateltiin pelkästään Tampereen toimipisteellä.

Yrityksen sisällä Tekla Structures -ohjelmalla on viimevuosien aikana suunniteltu puurakenteisia projekteja Tampereen sekä Espoon toimipisteessä ja näistä projekteista suurin osa on ollut MetsäWood yhtiön tuoteosavalmisteisia. Lukuun ottamatta hankkeita, mitkä ovat pääsääntöisesti olleet betonirunkoisia, mutta kantavana rakenteena on käytetty myös puuta. Tampereella on käytetty Tekla Structures -ohjelmaa suunnittelun apuvälineenä myös projektissa, missä on suunniteltu kattoelementtejä sekä liimapuukehä ilman, että elementtejä on suunniteltu erityisesti tietylle tuoteosavalmistajalle. Espoon toimipisteessä Tekla Structures -ohjelmaa on käytetty tietomallintamiseen puurakenteisissa projekteissa verrattain vähemmän, kuin Tampereen toimipisteessä. [38. 43.]

8.2 Vertex BD -ohjelmaa käyttävät

Vertex BD -ohjelmaa suunnittelutyön apuvälineenä käyttäviä suunnittelijoita haastateltiin henkilökohtaisesti Espoon toimistolla. Haastattelu tapahtui avoimen keskustelun mukaisesti. Näin toimimisesta haastatteluista saatiin suurin hyöty ja tarvittava tieto rajattua ilman, että kysymykset olisivat olleet valmiiksi mietittyjä ja jäsenneiltyjä. Tämä myös mahdollisti laajemman tiedon saannin, kuin pelkästään valmiita kysymyksiä esittämällä.

Vertex BD -ohjelmaa on käytetty suunnittelun apuvälineenä insinööriä tehtessä pelkästään puurakenteisissa mallinnetuissa projekteissa Espoon toimipisteessä. Vertex BD -ohjelmaa hyväksi käyttäviä suunnittelijoita on Espoossa huomattavasti vähemmän kuin Tekla Structures -ohjelmaa käyttäviä. Vertex BD -ohjelmistoa on käytetty pelkästään puurakenteisiin projekteihin, mitkä ovat olleet Stora Enson tuoteosavalmisteisia. Tämä onkin ollut perimmäinen syy, minkä takia Vertex BD -ohjelmisto on otettu A-insinööreillä käyttöön. [38.]

8.3 Ohjelmistoyritykset

Tekla Oy -ohjelmistoyrityksen haastattelu toteutettiin avoimena teemahaastatteluna Espoossa sijaitsevassa Tekla Oy:n pääkonttorissa. Haastateltavana Tekla Oy:ltä oli Sakari Lahti ja haastattelu toteutettiin 20.2.2014.

Vertex Systems Oy:n haastattelu tapahtui sähköpostin välityksellä. Yrityksestä insinööriyöhön liittyviin kyselyihin vastasi Vertex Systems Oy -ohjelmistoyrityksen tuotepäällikkö Jukka Haho.

8.4 Valmisosavalmistaja

Valmisosavalmistajan edustajana tässä insinööriyössä haastateltiin Stora Enson suunnittelija Jukka Pulkista. Haastattelu toteutettiin Stora Enson Hartolassa sijaitsevassa elementtitehtaassa 11.2.2014.

9 Yhteenveto ja tutkimuksen tulokset

Tässä viimeisessä luvussa on kirjattu insinööriyössä saavutetut tulokset, työtä tehdes-
sä ilmaantuneet kehitysehdotukset sekä johtopäätökset ja pohdinta työn toteutuksesta
ja työn informaation tasosta.

Insinööriyössä on hyödynnetty useita eri tutkimusmenetelmiä. Tutkimusmenetelmät,
joita tässä insinööriyössä käytettiin, eivät ole aukottomia ja tämä tulee ottaa huomioon
saavutettujen tuloksien tutkimisessa ja tulkitsemisessa. Ohjelmistoja tutkittiin vertaile-
vana tutkimuksena toisiinsa nähden, joihin saatiin informaatiota kvalitatiivisella tutki-
musmenetelmällä haastatteluihin perustuen sekä empiirisellä tutkimuksella ohjelmistoi-
hin ja niiden ominaisuuksiin tutustumalla ja tutkimisella. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa,
joita strukturoimattomat haastattelut edustavat, on suuri merkitys saavutettuun tulok-
seen sillä, että missä, milloin ja ketä haastatellaan. Tämä voi tarkoittaa sitä, että jos
tutkimus toistettaisiin useita kertoja peräkkäin, saattaisi tutkimuksen tulos olla eriävä
joka kerta. Tähän tutkimusmenetelmään vaikuttaa myös se, minkä käsityksen haastat-
telija saa haastattelutilanteesta. [40.]

9.1 Tulokset

Työssä tutkittiin rakennesuunnitteluprosessia puurakennushankkeissa A-insinööreillä
käytettyjen kahden ohjelmiston kannalta. Työn aikana selvisi, että projekteissa on käy-
tetty käytännössä pelkästään yhtä tietomallinnusohjelmaa projektin mallintamiseen.
Haastattelujen perusteella ei ole nähty tarpeelliseksi tai hyödylliseksi tällä hetkellä käyt-
tää rinnan molempia ohjelmia tietomallintamiseen. Tämä käytäntö on saattanut johtua
koetuista ongelmallisuuksista liittyen tiedonsiirtoon näiden ohjelmien välillä sekä siihen,
että ei ole ollut tietoa näistä ohjelmien ominaisuuksien yhdistelemisestä projektin läpi-
viennissä. Mielenpitoeseen vaikuttaa varmasti myös se, että tutkimuksen tekohetkellä ei
tilaajayrityksessä ole suunnitteilla projektia, joka olisi mielekästä suunnitella käyttäen
molempia ohjelmistoja. Molempien ohjelmien yhteiskäyttö olisi mahdollista tulevaisuu-
dessa puurakenteisessa projektissa, mihin kuuluu rakennesuunnittelu sekä elementti-
suunnittelu. Tällaisessa projektissa voitaisiin suorittaa rakennesuunnitelmien tietomal-
linnus käyttäen Tekla Structures -ohjelmaa ja tietomallin luonti elementtien osalta tehdä
hyväksikäyttäen Vertex BD -ohjelmaa. Tutkimuksen aikana on Vertex Systems Oy:llä
menossa IFC-formaatin tiedonsiirtoon liittyvä kehitysprojekti, mikä saattaa valmistuttu-

aan parantaa tiedonsiirron tasoa ja antaa suuremmat perustelut tulevaisuudessa tämän kaltaiseen ohjelmien yhteis-tietomallinnushankkeen kokeiluun. Haastattelujen perusteella Vertex BD -ohjelman hyötykäyttösuhdetta voisi yrityksessä nostaa sekä voitaisiin suorittaa puurakenteisten hankkeiden tietomallipohjaista suunnittelua laajemmassa mittakaavassa, kuin tällä hetkellä yrityksessä tehdään. [38.]

Puurakenteisista suunnitteluprojekteista luotiin työssä selvitys siitä, mitä ohjelmaa on missäkin suunnittelun vaiheessa yrityksessä käytetty tietomallipohjaiseen puurakenteiden suunnitteluun. Työssä selvisi, että tutkittavien ohjelmien käyttö rajautuu selvästi maantieteellisesti. Tutkimusta tehdessä Espoon toimipisteessä on käytössä Vertex BD -ohjelmisto ja Tampereen toimipisteessä Tekla Structures -ohjelmisto. Ennen tämän tutkimuksen aloittamista Espoon toimipisteessä on käytetty Tekla Structures -ohjelmaa tietomallipohjaiseen suunnitteluun. Tähän ohjelmistojen käyttöön liittyvään maantieteelliseen jakoon on selitys se, että Espoon toimipisteessä suunnitellaan tutkimuksentekohetkellä pelkästään projekteja, jotka ovat olleet Stora Enson tuoteosavalmisteisia. Stora Enso on vaatinut tietomallin projektin elementtisuunnittelusta Vertex BD -formaattissa. Tekla Structures -ohjelmalla on Espoon toimipisteessä tietomallinnettu verrattain vähemmän puurakenteisia hankkeita, kuin Tampereen toimipisteessä.

Tutkimuksessa luotiin prosessikuvaus tietomallin suunnitteluprosessista eri suunnittelun vaiheissa ottaen huomioon Yleiset tietomallivaatimukset 2012 ja parhaalla mahdollisella tavalla lean-filosofian. Tämä prosessikuvaus on luotu lähinnä rakennesuunnittelijan näkökulmasta ja ottaen huomioon ne seikat, jotka vaikuttavat hänen suunnittelun etenemiseen.

Tutkimuksen tuloksena syntyi havainto, että tiedonsiirtoa on suoritettu hyvin vähän tutkittavien ohjelmien välillä. Molempien ohjelmistojen yhdistelmäprojektia, missä mallinnettaisiin molemmilla ohjelmilla tiettyjä rakenneosia ja yhdisteltäisiin tietomallien sisältöä, on suoritettu hyvin marginaalisesti. Tästä on haastattelujen perusteella kokemusta yhdestä puurunkoisen rakennushankkeen suunnitteluprosessista, jossa suunniteltiin puurakenteiset elementit Vertex BD -ohjelmalla ja Tekla Structures -ohjelmalla betoni-rakenteinen kellarikerros. Tiedonsiirto tutkittavien ohjelmien välillä on ollut kokonaisuudessaan hyvin vähäistä. Syy vähäiseen tiedonsiirtoon löytyy varmasti projektien luonteesta ja siitä, että ei ole ollut tarvittavaa tietoa ja kokemusta tiedonsiirtoon liittyvistä mahdollisuuksista.

9.2 Kehitysehdotukset

Tutkimuksen tuloksena selvisi se, että puurakenteiden suunnittelu ja tietomallintaminen on yrityksessä melko hyvässä osaamisen piirissä ja tietotaitoa tähän on olemassa. Yleinen tietoisuus tietomallin tarkkuutta, mallinnustapaa ja tiedonvaihtoon liittyviin vaatimuksiin huomattiin kuitenkin melko suppeaksi. Nämä huomiot ovat erityisesti peräisin yrityksen Espoon toimipisteellä työskenteleviltä suunnittelijoilta. Tämä esiintyi erityisesti yrityksen Espoon toimipisteessä liittyen Vertex BD -ohjelmalla suoritettuihin tietomallinnusprojekteihin. Tämä saattaa johtua siitä, että puurakenteisissa projekteissa tuoteosasuunnittelijalta on tullut hyvin tarkat määritykset tietomallinsisällöstä ja mallinnustarkkuudesta. Tähän liittyy yksi tutkimuksen esiintuomista kehitysehdotuksista, joka on allekirjoittajan mielestä hyvin tärkeää tulevaisuudessa, kun puurakenteisien projektien volyymi tulee lisääntymään ja näissä pärjääminen antaa yrityksestä kuvaa tulevaisuuden puurakenteiden tietomallinnusosaajana tuleville mahdollisille työtilaajille. Yleisiä tietomallivaatimuksia 2012 tulee pitää esillä ja mallinnuksen noudattaa kansallisia vaatimuksia myös puurakenteisia hankkeita mallinnettaessa samalla tavalla, kuin tällä hetkellä tapahtuu betoni- ja teräsrakenteisissa projekteissa. Tähän asiaan tulisi jatkossa kiinnittää enemmän huomiota ja panostaa sen esilletuomiseen puurakenteisien hankkeiden suunnittelussa. [1. 21. 22. 24. 38.]

Puurakenteisten projektien tietomallintamiseen ei tällä hetkellä ole olemassa, eikä allekirjoittajan tiedon ja lukuisten eri lähteiden perusteella ole kehitteillääkään, tietomallinnusvaatimuksia, vaan kansallisia vaatimuksia noudattaessa joudutaan seuraamaan ja tulkitsemaan betoni- ja teräsrakenteille suunnattuja tietomallivaatimuksia. Puurakenteiden tietomallinnus tulee kuitenkin olla näiden vaatimusten mukaista. Tähän olisi yrityksen sisällä tärkeää olla jokin yhteinen käytäntö, ohjeistus ja vaatimus siitä, miten puurakenteisia hankkeita mallinnetaan ja mitä tietomallien tulee sisältää missäkin suunnittelun vaiheessa. Näin voidaan tilaajalle tarjousvaiheessa esittää paremmin, mitä hän tulee saamaan missäkin suunnittelun vaiheessa.

Puurakenteisten projektien läpiviemiseksi alusta alkaen on tärkeää, että yhteensovitus-testit suoritetaan ja rakennuksen sijoittuminen koordinaatistoon erityisesti korkoaseman puolesta on jokaisen projektin osapuolten tiedossa ja tietomallinnus tapahtuu tämän mukaisesti. Tähän asiaan tulisi jatkossa panostaa ja varmistaa, että jokainen projektin osapuoli on tietoinen näistä projektin alusta alkaen ja ne tulisi tehtyä jokaisen projektin alkaessa.

Vertex BD ja Tekla Structures -ohjelmistot mahdollistaisivat ohjelmistojen yhteissuunnitteluprojektille toteutuksen. Tällaisessa projektissa voitaisiin kokeiluluontoisesti tietomallintaa eri rakennusosia eri ohjelmilla ja suorittaa yhdistelmätarkastuksia IFC-formaatissa tiedonsiirtoa hyväksikäyttäen. Tällä tavalla esimerkiksi puurakenteisien elementtien suunnittelu voitaisiin suorittaa Vertex BD -ohjelmalla ja Tekla Structures -ohjelmalla päärakennesuunnittelu. Näin Tekla Structures mallista saataisiin lähtötietoa Vertex BD -ohjelmaan ja elementtisuunnitteluun. Tällaista yhdistelmäprojektia olisi tärkeä kokeiluluontoisesti suorittaa, sillä tästä saatava hyöty ajallisesti ja taloudellisesti saattaisi maksaa kokeilun takaisin onnistuttuaan. Tätä ajatusta tukee myös haastattelusta saatu informaatio siitä, että Vertex BD -ohjelmaa voitaisiin yrityksessä käyttää suunnittelun apuna laajemmassakin mittakaavassa, kuin se tällä hetkellä on. Tekla Structures -ohjelmassa on mahdollisuus muuntaa IFC-formaatissa tuodut rakennusosat natiivimuotoon, mikä toimiessaan voisi helpottaa ja nopeuttaa molemmilla ohjelmistoilla suoritettua yhteissuunnittelua. Tämä tapahtuu Tekla Structures -ohjelmassa olevasta *convert IFC objects* -valikosta. Tätä ohjelmistojen yhteiskäyttöä ohjelmistojen välillä tapahtuvaa tiedostomuunnosta olisi tarpeellista jatko kehittää ja tutkia sen luomia mahdollisuuksia syvemmin. [38.]

Haastavaksi insinööriyössä osoittautui lean-filosofian soveltaminen ja yhdistäminen suunnitteluprosessiin. Suunnitteluprosessin toimintakulku etenee hyviksi ja toimiviksi havaituilla menetelmillä ja järjestyksessä. Tämän muuttaminen lean-ajatusta myötäväksi ja sen ajatuksen mukaiseksi on haastavaa. Lean-ajatus on filosofinen lähestymistapa ja tällaisen sisällyttäminen konkreettiseen prosessiin tuo mukanaan haasteita. Tulevaisuudessa tämän ajatuksen sisällyttämisestä suunnitteluprosessiin, toimintatapoihin ja tästä saavutettavista mahdollisista tuloksista tulisi tehdä jatkotutkimusta ja miettiä yhteisesti, miten tämän voisi toteuttaa järkevästi.

Työn aikana havaitut kehitysehdotukset:

- YTV 2012 tulisi tuoda esille suuremmassa määrin mallinnettaessa puurakenteita ja tietoisuutta näistä vaatimuksista tulisi parantaa
- Puurakenteisten elementtien tietomallinnukseen olisi hyvä tehdä yrityksen sisäinen ohjeistus

- Projektien alussa tulee kiinnittää huomiota ja varmistaa, että yhteensovitustestit suoritetaan
- Tekla Structures ja Vertex BD -ohjelmien yhteiskäyttöä olisi hyödyllistä kokeilla tulevaisuudessa puurakenteisessa rakenne- ja elementtisuunnitteluprojektissa
- Lean-filosofian periaatteiden yhdistämistä konkreettiseen suunnittelutyöhön tulisi lisätä ja pohtia miten nämä periaatteen saisi sisällytettyä suunnittelurutiineihin ja suunnitteluprosessiin parhaiten.

Lähteet

- 1 Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 1, Yleinen osuus. Saatavissa: https://www.rakennustieto.fi/index/ajankohtaista/tiedotteet/uutiset/artikkelit/tietomallivaatimukset_julkaistu.html.stx
- 2 Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 5, Rakennesuunnittelu. Saatavissa: https://www.rakennustieto.fi/index/ajankohtaista/tiedotteet/uutiset/artikkelit/tietomallivaatimukset_julkaistu.html.stx
- 3 Vertex Systems Oy:n verkkosivu, [luettu 4.2.2014]. Saatavissa: http://www2.vertex.fi/web/fi/toimialat_ja_tuotteet
- 4 Tekla Oy:n verkkosivu, [luettu 4.2.2014]. Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi/tietoa-teklasta/building-construction>
- 5 Erik Eklund, Rakennesuunnittelun toimintamalli integroidun BIM-projektin toteutusvaiheessa. Insinööritoimisto Metropolia ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. 2010. Helsinki
- 6 Haastattelu Pulkkinen Jukka, Stora Enso. Hartolassa 11.2.2014.
- 7 Markku Laukkanen Artikkelit, Elinkeinministeriön Erkki Virtanen: Puurakentamissuunnitelman tavoitteet toteutumassa. Puuinfo Oy. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/ajankohtaista/elinkeinoministerion-erkki-virtanen-puurakentamissuunnitelman-tavoitteet-toteutumassa>
- 8 Markku Laukkasen Artikkelit, Ihalainen: Vähähiilisellä puurakentamisella tulevaisuutta. Puuinfo Oy. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/ajankohtaista/ihalainen-vahahiilisella-puurakentamisella-tulevaisuus>
- 9 THL, tietopaketti, Hometalo ja kosteusvaurio. Saatavissa: http://www.thl.fi/fi_FI/web/fi/aiheet/tietopaketit/hometalo/miten_kosteusvaurio_syntyy
- 10 Kuntaliiton tutkimus 2006, Jorma Ruokojoki, Kosteus- ja homeongelmien määrä ja syyt kuntien rakennuksissa 2005. Saatavissa: http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=18&ved=0CGoQFjAHOAo&url=http%3A%2F%2Fshop.kunnat.net%2Fdownload.php%3Ffilename%3Duploads%2Fp060608140541D.pdf&ei=nbf0Us-QMs7a4QSh_oDoDg&usq=AFQjCNFT1PYzZXTwz6ebsZKpBARhL9aICw
- 11 Artikkelit Tiina Torppa ja Timo Saari, Uutta Helsinkiä - Puurakentamisen uudet tuulet. Helsingin kaupunki, talous- ja suunnittelukeskus.

- 12 VTT:n julkaisu, Puurakentamisen tulevaisuuden näkymät. Saatavilla: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>
- 13 VTT:n julkaisu, Tietomalli työmaaprosessien turvallisuuden edistäjänä. Saatavilla: <http://www.vtt.fi/proj/turvabim/>
- 14 VTT:n julkaisu, Tietomalli rakentamisen turvallisuuden edistäjänä. Saatavilla: <http://www.vtt.fi/sites/bimsafety/>
- 15 PRO IT, Rakennusten tietomallintamisen sanasto. Saatavilla: http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_sanasto_v10.pdf
- 16 Outi Nikula, Prodoc-työkalujen käyttöönotto. Insinööriyö. Stadia. Rakennustekniikan koulutusohjelma. 2007. Helsinki
- 17 Building Smart (Vanha IAI) verkkosivu. [luettu 2.2.2014]. Saatavissa: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/ifc4-release/summary>
- 18 Hanna Annika Paakki, Tietomallintamisen hyödyntäminen rakennusliikkeesä. Insinööriyö. Vaasan ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. 2010. Vaasa. Saatavissa: <http://www.theseus.fi/handle/10024/14750>
- 19 Stora Enso:n verkkosivut. [luettu 12.2.2014]. Saatavissa: <http://buildingandliving.storaenso.com/#>
- 20 TOKA-projekti, Timo Lehtovirta. 11.10.2012. Saatavissa: <http://www.saimia.fi/toka/docs/tokaprojektiosallistumine.pdf>
- 21 Työ- ja elinkeinoministeriö, Tiedote Yritykset. Saatavissa: https://www.tem.fi/yritykset/tiedotteet_yritykset?89508_m=113177
- 22 Työ- ja elinkeinoministeriö, Väliraportti ja toimenpideohjelma, Metsäalan strateginen ohjelma 2011-2015. Saatavissa: http://www.tem.fi/files/34627/MSO_valiraportti_ja_toimenpideohjelma_syksy_2012.pdf
- 23 Työ- ja elinkeinoministeriö:n verkkosivu. Puun käytön lisääminen ja puunhankinnan pullonkaulojen poistaminen. [luettu 20.3.2014]. Saatavissa: http://www.tem.fi/ajankohtaista/vireilla/strategiset_ohjelmat_ja_karkihankkeet/metsaalan_strateginen_ohjelma/puun_kaytto_ja_hankinta
- 24 Työ- ja elinkeinoministeriö, raportti, Metsäalan strateginen ohjelma (MSO); tiivistelmä vuodesta 2013. [luettu 7.3.2014]. Saatavissa: http://www.tem.fi/files/38765/MSO_toiminta_2013.pdf

- 25 Tekla Oy:n verkkosivut [luettu 21.2.2014] Saatavissa:
http://www.tekla.com/fi/tietoa-teklasta/lyhyesti?qt-view_referenced_tabs_block=3#qt-view_referenced_tabs_block
- 26 Lean Construction Institute, yhteisraportti, Lauri Merikallio ja Harri Haapasalo, Projektituotantojärjestelmän strategiset kehittämiskohteet kiinteistö- ja rakennusosalalla. [luettu 23.2.2014]. Saatavissa:
<http://www.lci.fi/sites/default/files/Merikallio%20%26%20Haapasalo%20%282009%29%20Projektituotantoj%C3%A4rjestelm%C3%A4n%20strategiset%20kehitt%C3%A4miskohteet%20kiinteist%C3%B6-%20ja%20rakennusosalalla.pdf>
- 27 Rakennus- ja kiinteistöalan tulevaisuuden näkymät, Hannu Hyyppä. Metropolia. [luettu 21.2.2014]. Saatavissa:
http://www.metropolia.fi/fileadmin/user_upload/Tekniikka_ja_liikenne/Raksa/met_rakennusalan_tulevaisuudennakymia_web-1.pdf
- 28 Mika Aho, Tietomallipohjaisen rakennusprojektin määrien hallinta ja hyödyntäminen rakennustuotannossa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustuotannon koulutusohjelma. 2010. Tampere. Saatavissa:
http://webhotel2.tut.fi/vblab/prodigi/images/3/3b/MikaAho_Di_final.pdf
- 29 Tutkielma, Suunnittelun ohjaus allianssiurakassa, Tero Kanervo, NCC Rakennus Oy. Saatavissa:
http://aaltopro2.aalto.fi/lomakkeet/tilaukset/Rakentaminen/r34/KanervoTero_Suunnittelun_ohjaus_allianssiurakassa.pdf
- 30 Rakennustieto Oy:n RT-kortti 10-10387.
- 31 PRO IT, Tietomallitieto rakennusprojektissa. Saatavissa:
http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_tuotemalliohje_arkelokuu2005.pdf
- 32 Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 3, Arkkitehtisuunnittelu. Saatavissa:
https://www.rakennustieto.fi/index/ajankohtaista/tiedotteet/uutiset/artikkelit/tietomallivaatimukset_julkaistu.html.stx
- 33 Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 4, Talotekninen suunnittelu. Saatavissa:
https://www.rakennustieto.fi/index/ajankohtaista/tiedotteet/uutiset/artikkelit/tietomallivaatimukset_julkaistu.html.stx
- 34 Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 6, Laadunvarmistus. Saatavissa:
https://www.rakennustieto.fi/index/ajankohtaista/tiedotteet/uutiset/artikkelit/tietomallivaatimukset_julkaistu.html.stx
- 35 Haastattelu Sakari lahti, Tekla Oy. Espoossa 20.2.2014.

- 36 BuildingSmart Finland:n ja Rakennustieto Oy:n tutkimus, Finnish BIM Survey 2013. Saatavissa:
https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/tutkimus-ja_kehittamistoimita/6JKJM353s/BIM_Survey_Finland_Tulokset.pdf
- 37 Puuinfon Oy, RunkoPes2.0. Saatavissa:
<http://www.puuinfo.fi/rakentaminen/suunnitteluohjeet/runkopes-20>
- 38 Haastattelu, Hiltunen Sami, A-insinöörit Suunnittelu Oy. Espoossa 28.3.2014.
- 39 Mikko Mäläskä, Elinkaarihankkeen ylläpitomalli. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustuotannon koulutusohjelma. 2011. Tampere. Saatavissa: <http://URN.fi/URN:NBN:fi:ty-2011112114896>
- 40 Jyväskylän Yliopisto:n verkkosivut, Tutkimusstrategiat [luettu 11.3.2014]. Saatavissa:
<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimussstrategiat>
- 41 A-insinöörit Oy verkkosivu [Luettu 5.2.2014]. Saatavissa: <http://www.a-insinoorit.fi>
- 42 Lean Construction Institute, verkkosivut [luettu 14.3.2014]. Saatavissa:
<http://www.lci.fi/fi/content/lean-construction>
- 43 Sähköpostikeskustelu, Pekkala Antti, A-insinööri Oy.
- 44 BEC 2012, Elementtisuunnittelun mallinnusohje. Saatavissa:
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/>
- 45 Sähköpostikeskustelu, Jukka Haho, Vertex Oy.

